Anatomisch-physiologische Uebersicht

des

Thierreichs.

Von

C. Bergmann und R. Leuckart.

Anatomisch-physiologische Uebersicht

des

Thierreichs.

Vergleichende

Anatomie und Physiologie.

Ein

Lehrbuch für den Unterricht und zum Selbststudium

von

C. Bergmann und R. Leuckart,

Professoren in Göttingen und Gießen.

Mit 438 in den Text gedruckten Holzschnitten.

Stuttgart,

J. B. Müller's Verlagshandlung.

1852.

Druck der Königl. Hofbuchdruckerei Zu Guttenberg in Stuttgart.

Inhaltsverzeichniß.

Einleitung.

Ueber das thierische Leben, die Bestandtheile und den Bau der Thiere im Allgemeinen.

Erste Abtheilung.

Organe und Functionen der Erhaltung des einzelnen Thieres.

Die vegetativen Organe und ihre Thätigkeiten.

I. Das Darmsystem.

Die Vertheilung des Gewichts im beweglichen Thierkörper.

Einige vergleichende Bemerkungen über die verschiedenen Bewegungsapparate, besonders der Wirbelthiere

Hautgebilde der Wirbelthiere in ihrer Beziehung zur Bewegung und zum Schutzbedürfniß.

Lufträume der Thiere in ihrem Verhältnisse zur Bewegung.

Die elektrischen Organe der Fische.

Ueber die Geräusche, Töne, namentlich die Stimme der Thiere.

II. Die Sinneswahrnehmungen und deren Organe.

III. Das Nervensystem und seine Thätigkeit.

Zweite Abtheilung.

Organe und Functionen zur Erhaltung der Arten der Thiere.

Die Entstehung der Thiere.

Die Metamorphose der Thiere.

Vorwort.

Die Verfasser der vorliegenden Schrift haben gehofft, in derselben einige neue Beiträge zur physiologischen Beurtheilung des thierischen Baues zu liefern. Hätten sie jedoch diesen Zweck allein vor Augen gehabt, so würden sie es vielleicht vorgezogen haben, ihre Ansichten in einer Reihe von einzelnen Abhandlungen niederzulegen, wenn dabei auch immerhin Manches unterdrückt worden wäre. So aber wünschten sie ihre Darstellung in zusammenhängender Form einem größeren Kreise zugänglich zu machen, auch Solchen, welche die Erforschung der lebenden Natur nicht gerade zu ihrer Hauptaufgabe gemacht haben, aber dennoch einige Anstrengung nicht scheuen, sich des unschätzbaren Bildungsstoffes zu bemächtigen, der aus dieser reichen Quelle strömt. Wenig Schwierigkeiten dürfte das Studium ihrer Schrift namentlich für Aerzte haben, unter denen ja immer viele neben dem praktischen Streben sich den Sinn für weitere Beschäftigung mit der Natur erhalten.

Der Bau der Thiere hat hier natürlich nur insoweit beschrieben werden sollen, als zur Anknüpfung physiologischer Folgerungen und zur Gewinnung eines gewissen Zusammenhanges nothwendig war. Eine erschöpfende Zusammenstellung des anatomischen Materiales lag nicht in unserem Plane, und darum wird denn auch eine Vergleichung mit den trefflichen Hand- und Lehrbüchern über vergleichende Anatomie nicht unmittelbar als Maßstab an unsere Schrift gelegt werden können. Eine vergleichende Physiologie im wahren Sinne des Wortes besitzen wir noch nicht. Auch unser Werk kann diesen Titel nicht mit völligem Rechte beanspruchen, obgleich wir uns bewußt sind, eine physiologische Analyse des thierischen Baues durchgreifender und consequenter, als es sonst irgendwo geschehen ist, versucht, ein Verständniß der thierischen Bildungen dadurch angebahnt zu haben. Was wir in dieser Beziehung, an unendlich zerstreuten Orten, Brauchbares gefunden, haben wir für unsere Zwecke verwerthet. Sollten wir jedoch einiges sonst noch Vorhandene übersehen haben, so wird man das verzeihlich finden.

So viel bei solchen Unternehmungen geschehen kann, haben die Verfasser gemeinschaftlich gearbeitet, und es möchte nur wenige hier niedergelegte Ansichten geben, über welche sie nicht einverstanden wären. Da jedoch Jeder zunächst

die Verantwortung für das von ihm selbst Concipirte übernehmen möchte, so wird hier vor Allem die Bemerkung am Platze sein, daß von B. die Bearbeitung der Wirbelthiere, von L. die der Wirbellosen übernommen worden ist. Daß dabei die Darstellung der physiologisch und anatomisch besser bekannten Wirbelthiere in jedem Abschnitt vorausgeht, wird sich von selbst rechtfertigen.

Abgesehen von vielfachen Besprechungen und gegenseitigem Austausch von Bemerkungen ist von dieser Arbeitstheilung nur an einigen Stellen durch Einschiebungen u. dgl. eine Abweichung gemacht worden. Daß hier und da auch eine derartige Bemerkung in Form einer mit Namenschiffer bezeichneten Note stehen geblieben ist, wird Niemand stören. Nur am Ende des Abschnittes über die Athmung könnte dieses vielleicht auffallen, wo von dem Verhältniß der Respirationsfläche zu dem Volumen des Thieres die Rede ist. Es war aber bei dieser Gelegenheit zuerst, daß B. darauf aufmerksam wurde, wie wichtig dieses Verhältniß, welches er in Beziehung zur Wärme-Oekonomie schon an einem andern Orte früher besprochen hatte, auch in weiterer Beziehung für die physiologische Beurtheilung des thierischen Baues sey.

Die thierische Wärme konnte natürlich ohne einen besonderen Anhang über die wirbellosen Thiere behandelt werden. Sie wurde von B. bearbeitet, während der Abschnitt über die Aufnahme des Wassers aus ähnlichen Gründen L. anheimfiel. Als einen Gegenstand speciellerer Studien hat der Letztere auch die Entwicklung der Harn- und Geschlechtswerkzeuge der Wirbelthiere übernommen.

Das Manuscript unseres Werkes ist bereits vor Jahresfrist druckfertig, zum Theil selbst schon vor den Stürmen der Revolution ausgearbeitet und vorbereitet gewesen. Wenn wir dieses hier anführen, so geschieht es theils um die manchfachen Ungleichheiten in der Bearbeitung des Ganzen damit zu entschuldigen, theils auch um die Schwierigkeiten hervorzuheben, welche — zumal bei unserer inzwischen eingetretenen Trennung — in der letzteren Zeit für bedeutendere Aenderungen und Nachträge hieraus erwachsen sind. Einige neuere Arbeiten und Entdeckungen haben wir sogar völlig unberücksichtigt lassen müssen.

Göttingen und Gießen, im Juli 1851.

Die Verfasser.

Einleitung.

Ueber das thierische Leben, die Bestandtheile und den Bau der Thiere im Allgemeinen.

Es ist ein manchfaltiges Spiel der Erscheinungen, theils in lebendigem Wechsel sich ablösend und mit fester Regel wiederkehrend, theils auch unaufhaltsam fortschreitend, welches uns veranlaßt, gewissen Naturkörpern vorzugsweise vor den übrigen das Leben zuzuschreiben.

Diese Erscheinungen, diesen Wandel in allen seinen Stufen, in seiner ganzen Gliederung aufzufassen, die gegenseitige Einwirkung der Theile lebender Wesen auf einander zu begreifen, das Gesetz und den Grund, so wie den Zweck der Lebensprocesse zu erkennen, dieß ist eine der lockendsten, aber auch eine der schwierigsten Aufgaben des menschlichen Geistes.

In der That, ehe die Wissenschaft zur Lösung dieser Aufgabe wird gelangen können, hat sie durch manche Stufen hindurch zu gehen, und wir finden viele einzelne Zweige der Lebenslehre in Rücksicht auf das letzte Ziel der Wissenschaft gegenwärtig auf sehr verschiedenen Stufen der Entwicklung. Je nachdem sie einfacher oder verwickelter sind oder auch je nachdem sie mehr oder weniger glücklich bearbeitet wurden, finden sich die physiologischen Erkenntnisse über manche Theile weiter vom Ziele entfernt, andere demselben näher.

Vielfach sind die anatomischen, chemischen, physikalischen Kenntnisse der thierischen Körper noch ungenügend, vielfach ist es auch die Schwierigkeit, die Erscheinungen des thierischen Lebens genau zu beobachten, mit welcher die Wissenschaft zu kämpfen hat. Die wichtigsten Vorgänge entziehen sich unseren Augen. Entweder ist ihr Geschehen an den lebendigen Zusammenhang des Körpers so sehr geknüpft, daß sie außerhalb desselben gar nicht mehr vor sich gehen, während sie doch in diesem Zusammenhange wiederum unseren Sinnen unzugänglich sind, oder es fehlen uns noch die Beobachtungsmittel, liegen noch in der Zukunft der Physik u. s. w. verborgen.

Natürlich aber ist uns die genaueste Kentniß nöthig von Dem, was in den thierischen Körpern vorgeht, wenn wir wissen wollen, wie es zugehe, auf welchen Gesetzen es beruhe.

Bei einem solchen Zustande der Wissenschaft, und dem dringenden Interesse, welches sich an die Lösung vieler noch nicht mit Sicherheit zu entscheidenden Fragen knüpft, ist es natürlich und entschuldbar, wenn in der Physiologie den Hypothesen ein weiterer Spielraum gelassen wird, als man das in der Physik und Chemie zu thun pflegt, und wenn manche Fragen gleichsam probeweise zur Erörterung gezogen werden, wiewohl man weiß, daß eine wissenschaftliche Lösung derselben gegenwärtig noch unmöglich ist.

So steht es denn natürlich vor Allem mit den ersten, wichtigsten Untersuchungen, auf welche wir bei dem Betreten unseres Gebietes stoßen, mit den Untersuchungen über Form und Eigenschaften der organischen Körper im Allgemeinen.

An den Körpern der todten Natur lernen wir, wie alle Eigenschaften derselben uns mit der chemischen Mischung gegeben sind. Diese bestimmt die Form, welche das festwerdende Mineral annimmt, die Härte, Durchsichtigkeit, Farbe u. s. w. Nur als untergeordnete Einflüsse wirken dabei Temperatur und Druckverhältnisse, so wie andere mechanische Einwirkungen, namentlich Erschütterungen, mit, befördernd oder hemmend die vollkommene Ausbildung der Form, zu welcher die Anlage in der chemischen Zusammensetzung gegeben ist.

So versteht es sich also von selbst, daß wir auch in Beziehung auf die lebenden Körper uns die Frage vorlegen, welche Verbindung zwischen den Formen und Eigenschaften ihrer Theile und ihrer chemischen Mischung statt finde; ja, es versteht sich von selbst, daß die Ansicht: es sey die chemische Mischung auch hier von ähnlicher Wichtigkeit, eben so bedingend für Form und sonstige Beschaffenheit, von vornherein als wahrscheinlich anzunehmen und nur bei bestimmten Gegenbeweisen aufzugeben sey.

Es sey deßhalb hier die Aufgabe, als allgemeine Grundbegriffe der Physiologie die Fragen zu erörtern:

Welche sind die Eigenthümlichkeiten der chemischen Zusammensetzung der Organismen, besonders der Thiere? wie entstehen diese chemischen Verbindungen, wie erhalten sie sich, wie vergehen sie wieder?

Welche sind die Eigenthümlichkeiten der Form der organischen Theile und ihre übrigen auffallenden Beschaffenheiten?

In welcher Beziehung stehen dieselben zu der chemischen Zusammensetzung?

Welche Beziehung haben Mischung und Form zu den Lebensthätigkeiten der Theile?

Die erste Grundlage der chemischen Kenntniß wird durch das Aufsuchen der **Elemente** gebildet, welche zur Zusammensetzung der thierischen Körper beitragen. Wir wissen *), daß nur solche Elemente in den organischen Wesen sich finden, welche auch außerhalb derselben, in den nicht lebenden Körpern angetroffen werden.

Es ist aber auch nur ein Theil von den in der ganzen Natur aufgefundenen Elementen, welche wir in den thierischen Körpern wiederfinden. Sehr allgemein treffen wir in denselben Stickstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Kohlenstoff, welche die eigentlich sogenannten organischen Verbindungen zusammensetzen, indem sie entweder sämmtlich oder mit Ausnahme

*) Dieß ist ein Umstand von einigem Interesse in Beziehung zu einer unbegründeten Ansicht, welche noch bis in die neueste Zeit einzelne Liebhaber gefunden hat. Man glaubte nämlich, den organischen Körpern die Fähigkeit zuschreiben zu können, Elemente zu bilden. Ohne uns um die weitere Ausspinnung dieser Ansicht zu bekümmern, können wir sie wegen Mangels an Begründung beseitigen. Wir haben nicht bloß zu bemerken, daß es doch auffallend seyn würde, wenn die organischen Wesen, mit der Fähigkeit begabt, Elemente zu bilden, doch durchaus nur diejenigen hervorbrächten, welche sich in der nicht lebenden Natur verbreitet finden, und zwar auf eine solche Weise verbreitet, daß man unmöglich annehmen kann, es sey die sämmtliche vorhandene Menge irgend eines Elementes im Laufe der Jahrtausende von den Organismen bereitet. Es fehlt jener Ansicht durchaus an einer Begründung, wie wir sie für einen so wichtigen Satz erwarten müßten. Sie beruht nur darauf, daß man es in einigen Fällen schwer gefunden hat, zu erklären, woher dieses oder jenes Element, welches wir in einer Pflanze oder einem Thiere vorfinden, habe gewonnen werden können. Man konnte sich zu dieser Annahme um so leichter verirren, je weniger man wußte, welche verschiedenen Elemente in äußerst kleinen Mengen, aber andauernd, den Pflanzen durch die Feuchtigkeit des Bodens zugeführt werden, so daß sie in denselben sich anhäufen können. Trifft man aber die hinreichenden Maßregeln, um genau zu überwachen, welche Elemente einem Organismus zugeführt werden, so ist man sicher, daß derselbe keine anderen enthalten wird, als diejenigen, welche von Außen herangebracht wurden. Das Verkümmern, der Tod, wo die zur normalen Zusammensetzung eines Organismus nothwendigen Elemente von ihm abgehalten werden, spricht jener Ansicht das entscheidende Urtheil. Dieselbe konnte nur im Dunkel des chemischen Nichtwissens gedeihen, mit welchem die Physiologie früher behaftet war. Sie konnte Anhänger finden in einer Zeit, in welcher man auch alle chemischen Verbindungen der organischen Körper innerhalb derselben ohne allmählige Uebergänge entstehend dachte.

des Stickstoffes zusammentreten (sogenannte quaternäre oder ternäre Verbindungen). Ferner finden sich in Gasen und Säuren, in Salzen und zum Theil wohl noch in nicht genau bekannter Verbindungsweise Chlor und Fluor, Natrium, Kalium, Calcium, Silicium und Magnesium, Eisen und Mangan, Phosphor und Schwefel.

Die wichtigsten unter den chemischen Verbindungen der organischen Wesen sind die oben erwähnten ternären und quaternären Verbindungen aus Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlenstoff ohne oder mit Stickstoff. Sie verdienen die Aufmerksamkeit nicht bloß deßhalb, weil sie nur durch den Einfluß der Lebensprocesse sich zu bilden pflegen und einen sehr großen Theil des thierischen und pflanzlichen Körpers zusammensetzen, sondern auch, weil sie gerade diejenigen Organe und Gewebe bilden, deren Thätigkeitsweisen die wesentlichste Rolle im Leben spielen, und sich zum Theil bis jetzt mit gar keinen Thätigkeiten in der anorganischen Natur zweckmäßig vergleichen lassen. Es liegt hierin wenigstens schon eine Andeutung, daß auch in den organischen Substanzen die Eigenschaften auf der chemischen Zusammensetzung wesentlich beruhen: eine Annahme, deren Durchführung im Einzelnen wir als eine große Aufgabe bezeichnen müssen, welche vorläufig jedoch ihrer Lösung noch fern ist.

Ohne Zweifel ist man indessen dieser Lösung in neuerer Zeit näher gekommen, indem man Mittel gefunden hat, von den bloßen Elementaranalysen organischer Körper aus weiter zu gehen, die näheren Verhältnisse zu untersuchen, in welchen sich die Elemente zu einander innerhalb der organischen Verbindungen befinden.

Man nimmt gegenwärtig längst nicht mehr an, daß in den organischen Verbindungen die drei oder vier Elemente sämmtlich unter einander in gleich naher Verbindung stehen, man erkennt vielmehr Radicale an, welche, selbst schon mehr oder minder zusammengesetzt, sich mit dem Oxygen zu Oxyden verbinden, man betrachtet manche Verbindungen als Hydrate u. s. w.

Diese Ansichten sind von großer Wichtigkeit für die Entwicklung der physiologischen Anschauungsweise, für die Stellung unserer Begriffe über die Natur des Lebens, der Lebenskraft.

Betrachten wir, wie die physiologischen Ansichten im höchsten Grade durch die Ausbildung der Organochemie bestimmt werden müssen.

Durch die frühere Auffassung der organischen Verbindungen erschienen dieselben ohne alle Aehnlichkeit mit den anorganischen. Dieß, verbunden mit dem Umstande, daß manche organische Verbindungen *), aus dem Zusammenhange des Körpers entfernt, den Einwirkungen der Atmosphäre preisgegeben, sich alsbald zu zersetzen und allmälig in binäre anorganische Verbindungen zurückzukehren pflegen, daß sie auch nur unter dem Einflusse des Lebens sich bilden zu können scheinen, gab der Ansicht Gewicht, daß die Elemente zu den organischen Verbindungen durch etwas Anderes als chemische Verwandtschaft zusammengebracht und zusammengehalten würden, daß eine Lebenskraft von eigenthümlichen chemischen oder vielmehr antichemischen Wirkungen hier thätig sey.

Ferner hatte eine Beurtheilung der organischen Verbindungen bloß nach den Quantitätsverhältnissen der Elemente, aus welchen sie bestehen, die üble Folge, daß man Verschiedenheiten der Eigenschaften solcher chemischer Verbindungen, welche aus gleichen Quantitäten gleicher Elemente zusammengesetzt zu seyn schienen, zu leicht wieder auf Rechnung einer Lebenskraft brachte, welche durch gleiches materielles Substrat verschiedene Wirkungen hervorbringen könne, während uns jetzt die Möglichkeit nahe liegt, daß bei gleicher Elementarzusammensetzung einer Verbindung doch die Gruppirung der Atome eine andere, mithin die chemische Natur eine wesentlich differente und hier wie in der anorganischen Natur die

---

*) Es war und ist bis in unsere Zeit hinein freilich ein gewöhnlicher Brauch, die Eigenschaft einer großen Zersetzbarkeit den organischen Verbindungen im Allgemeinen zuzuschreiben. Das ist aber übertrieben.

Ursache der Eigenschaften des Stoffes seyn könne. Die mögliche Anzahl solcher Verschiedenheiten ist natürlich um so größer, je mehr Elemente eine Verbindung enthält, größer bei quaternären, als bei ternären Verbindungen. Doch müssen wir hierauf noch zurückkommen. Untersuchen wir vorher, in wie weit das Zusammenseyn der Elemente in den organischen Verbindungen auf chemischen Gesetzen zu beruhen scheint oder im Gegentheile durch einen den natürlichen Verwandtschaften angethanen Zwang zu erklären ist, der etwa auf eine ganz fremdartige Kraft zu schließen nöthigt.

Es ist, wie schon gesagt, eine Erscheinung vornehmlich, welche großen Einfluß auf die Ansichten ausgeübt und vielfach zu dem letztern Schlusse hingeleitet hat, weil sie sich besonders häufig unter unseren Augen begibt, weil sie eine sehr auffallende und selbst dem Gemüthe sich tief einprägende Form oft annimmt, die Zersetzung im Leichname.

Das lebendige Wesen hat sich noch eben vor unseren Augen im Genusse aller seiner Fähigkeiten bewegt. Irgend eine Ursache vernichtet plötzlich das Leben; nun verliert sich der Ausdruck des Gesichtes und die Haltung; die Wärme verläßt den Körper, die Augen werden trübe und eingefallen — und nicht lange dauert es, so verräth der Leichengeruch den Eintritt chemischer Processe, welche vorher fehlten, welche aber bald sich in immer deutlicheren Spuren den Sinnen kund geben und durch die Vorgänge der Fäulniß hindurch das organische Wesen der gänzlichen Auflösung entgegen führen.

Wer nicht sein Auge von diesen Bildern abwendet, dem sind sie bekannt genug, und den Physiologen und Arzt umgeben sie häufig; sie drängen sich mit Gewalt als Gegenstände des Nachdenkens auf.

In der That ist es aber auch mehr der lebhafte Eindruck dieses Gegensatzes von Tod und Leben, als eine genauere Erforschung dessen, was nach dem Tode in der Leiche geschieht, oder selbst nur eine ernste Ueberlegung dessen, was wir von diesen Vorgängen schon ohne genauere Prüfung wissen können, was zu der Ansicht geführt hat, die chemische Verwandtschaft erhalte erst jetzt Herrschaft über die Elemente in den organischen Verbindungen.

Legen wir uns nur die Frage vor, weßhalb die Zersetzung nicht weit rascher, weßhalb sie nicht plötzlich eintritt? Weßhalb bilden sich nicht mit dem Erlöschen des Lebens augenblicklich ganz neue Verbindungen der Elemente? Oder weßhalb, wenn das sie zusammenhaltende Band kein chemisches ist, wenn es ihren Verwandtschaften Gewalt anthut, weßhalb fahren nicht alle Elemente plötzlich auseinander, so wie dieses Band gesprengt ist?

Die Zersetzungen geschehen aber nicht nur nicht plötzlich, sondern bleiben selbst ganz aus, wenn die organischen Substanzen einmal dem Einflusse der Siedehitze ausgesetzt und dann von der Atmosphäre durch hermetischen Verschluß abgesondert werden.

Man kann also die Frage wohl nicht anders beantworten, als daß es doch eine chemische Verwandtschaft ist, durch welche die Elemente der organischen Verbindungen zusammengehalten werden, daß sie dazu keineswegs des fortdauernden Einflusses des Lebens bedürfen.

Die organischen Verbindungen, die den Körper bilden, zerfallen nicht augenblicklich in binäre Verbindungen; sie gehen allmälig, durch verschiedene Stufen hindurch, diesem Schicksale entgegen. Der Zucker, wenn die Bedingungen zur Zersetzung günstig sind, gibt Kohlensäure aus und wird Alkohol, der Alkohol bildet Essigsäure u. s. w. Nur allmählig und stufenweise gehen die quaternären Verbindungen, wie die ternären, in die eigentlich unorganischen Verbindungen zurück.

Alle diese Vorgänge bedürfen Zeit; ihr erstes Eintreten ist unmerklich, dann schreitet die Zerstörung rascher und rascher fort. Es sind gewisse wesentliche Bedingungen zu erkennen, ohne welche die Zersetzung überall nicht fortschreitet, deren Mehr oder Minder auf den Weg, welchen die Zersetzung nimmt, wesentlichen Einfluß hat. Wir haben schon bemerkt, daß der Zutritt der atmosphärischen Luft eine dieser Bedingungen ist. So ist es auch ein gewisser Grad von Wärme und Feuchtigkeit. Im sibirischen Eise erstarrte oder in trockener Luft verdorrte Leichen erhielten sich durch Jahrhunderte und Jahrtausende.

Wie verhalten sich nun die lebenden thierischen Körper zu diesen Bedingungen? Es fehlt ihnen nicht an Feuchtigkeit und das Vorsichgehen ihrer Lebensprocesse setzt Wärmegrade voraus, bei denen die Fäulniß stets möglich ist, zum Theil, nämlich bei den sogenannten warmblütigen Thieren, solche Wärmegrade, welche der Fäulniß sehr günstig sind. Dennoch erhalten sie sich.

Das scheinbare Räthsel dieser Erhaltung wird uns aber weniger dunkel vorkommen, es wird diese Existenz weniger das Ansehen eines Raubes an den Gesetzen des Chemismus haben, wenn wir auf die Umstände Rücksicht nehmen: daß die zur Zersetzung wesentliche Einwirkung des Sauerstoffes der Atmosphäre durch den Bau des Körpers beschränkt ist, daß diese Einwirkung fast nur so weit geschieht, als die respiratorischen Thätigkeiten des lebenden Körpers es gestatten, ja selbst herbeiführen; daß genau im Verhältnisse zu dem in den Körper gelangenden Sauerstoffe die Zersetzung wirklich geschieht; daß aber auch, um die schädliche Einwirkung des schon Zersetzten auf die noch unzersetzte Masse — welche bei der Fäulniß nach dem Tode gewiß sehr wichtig ist — zu beschränken, dafür gesorgt ist, die Zersetzungsprodukte stets und in den kleinsten Mengen aus dem Körper zu entfernen*).

Jede chemische Verbindung erhält sich nur so lange, als die Umstände die Einwirkung stärkerer Verwandtschaften abhalten. Es verhalten sich in dieser Hinsicht die organischen Verbindungen gerade wie alle übrigen. Sie befinden sich nicht unter einem fremdartigen Einflusse, welcher ihre Zersetzung unmöglich macht; die Zersetzung geschieht sogar fortwährend, sie liefert zum Theil beständig die letzten Produkte, welche aus der Zersetzung organischer Substanz nur hervorgehen können, Kohlensäure und Wasser, aber sie ist in Schranken gehalten durch Veranstaltungen, welche sie auch im todten Zustande beschränken würden. Vergleichen wir den Zustand des lebenden Körpers, der frischen Leiche und den späteren Fortschritt der Zersetzung, so scheint es sehr annehmbar, daß alsbald nach dem Tode die Zersetzung einen andern Charakter annimmt, weil eben die Zersetzungsprodukte nun nicht mehr durch den Kreislauf des Blutes aus den Organen entfernt werden. Anfangs ist die Zersetzung in ihrem Fortschreiten auch noch beschränkt, weil der Zutritt des Sauerstoffes nur in geringem Grade stattfinden kann, und die Menge des chemisch nicht gebundenen, in den Säften aufgelösten Sauerstoffes im Körper nicht so sehr bedeutend ist. Allmälig aber mehrt sich der Zutritt desselben durch Veränderungen an der Oberfläche, durch Aufweichung auch Ablösung der Epidermis, welche die Organe des lebenden Körpers wirksam gegen den Sauerstoff schützt.

Wir sind also durch die Erfahrungen über die Zersetzung nach dem Tode wohl durchaus nicht genöthigt, das Walten einer besonderen Kraft während des Lebens anzunehmen, welche der Zersetzung widersteht. Die Verhältnisse vielmehr, in welche die organische Substanz gesetzt ist, sind es, welche sie schützen, und die Zersetzung wird in der That nur in so weit abgehalten, als dieser Schutz reicht. Es sind diese Verhältnisse, welche der im Leben geschehenden Zersetzung einen eigenen Charakter geben, wie auch nach dem Tode die Zersetzung nach den Umständen in ganz verschiedener Weise auftritt. Könnten wir durch die Blutgefäße eines todten Thieres fortwährend eine Flüssigkeit kreisen lassen, welche die Zersetzungsprodukte in den kleinsten Mengen gleichsam ausspülte, so würde auch dadurch die Zersetzung ohne allen Zweifel eigenthümlich modificirt werden.

Fortgesetzte Untersuchungen über die Zersetzung der Leiche, die Umstände, welche auf sie einwirken können, die Produkte, welche sie liefert, werden mit der Zeit gewiß noch Vieles aufklären.

*) Es ist hier begreiflicher Weise von den Zersetzungen die Rede, deren Produkte (Kohlensäure, Harnstoff u. a.) durch Excretion entfernt werden. Das Gegengewicht dieses Verlustes bildet die Ernährung, welche dem Körper stets wieder Stoff zuführt.

Jedenfalls sind aber auch die schon bekannten Erscheinungen des allmäligen Ueberganges der organischen Verbindungen in anorganische von Wichtigkeit für unsere Vorstellungen über die Entstehung der organischen Verbindungen und den chemischen Proceß im lebenden Körper.

Niemand zweifelt jetzt mehr daran, daß auch die Entstehung der organischen Verbindungen nach eben so bestimmten Gesetzen geschieht, als ihre Rückbildung, und daß keineswegs die Organismen die Macht haben, aus beliebigen Verbindungen, wenn diese nur die nöthigen Elemente enthalten, diese Elemente zu entreißen und nach ihrem Bedürfnisse zu combiniren.

Besonders hat es sich in der neueren Zeit immer mehr herausgestellt, daß die thierischen Körper die Fähigkeit der Bildung organischer Substanzen aus binären Verbindungen gar nicht besitzen. Sie erhalten die organische Substanz in ihrer Nahrung und können nur diese weiter umwandeln, assimiliren, zersetzen. Die Pflanzen sind die chemischen Laboratorien, in welchen aus Kohlensäure und Wasser die ternären, mit Hinzuziehung von Ammoniak (vielleicht auch Stickstoff) die quaternären Verbindungen gebildet werden.

Freilich sind wir noch im Dunkel über den Vorgang dieser Bildung, ob dabei Kohlensäure oder ob Wasser zersetzt wird, und welche die Mittel sind, diese Zersetzung zu bewirken. Wir können diese Umwandlungen bis jetzt nicht künstlich nachmachen*). Dieß, so wie die Zersetzbarkeit der organischen Substanz, ist ein Hauptbeweggrund für die Physiologen gewesen, in ihrem Entstehen das Wirken anderer als chemischer Kräfte anzunehmen.

Fanden wir aber die früher beleuchteten Gründe nicht ausreichend zu einer solchen Ansicht, fanden wir vielmehr bestimmte Hinweisungen auf das Gegentheil, auf die Offenbarung chemischer Gesetze in dem Bestehen der organischen Substanzen, so können wir auch in den Dunkelheiten, welche das Entstehen derselben darbietet, keinen Grund finden, einen Zwang anzunehmen, durch welchen die Elemente gegen ihre natürlichen Verwandtschaften zusammengehalten, zusammengebracht werden.

Es ist uns manches mineralische Gebilde der Natur bekannt, was wir eben so wenig künstlich nachahmen können, oder bis jetzt nachgeahmt haben, als die organischen Verbindungen. Die chemischen Processe der anorganischen Natur, die Auflösungen und Verbindungen, welche durch die Feuchtigkeit des Bodens, durch kalte und warme Quellen hervorgebracht werden, bieten noch immer Probleme für den chemischen Forscher dar. Es ist bei dem Conflicte manchfacher Verwandtschaften auch hier nicht immer leicht, die Resultate vorauszusagen oder aus den Resultaten auf die Ursachen zurückzuschließen. Wenn uns nun die chemischen Vorgänge des thierischen Körpers eben so dunkel oder noch dunkler sind, so ist das kein Wunder, aber auch gewiß kein Grund, an einer chemischen Erklärung derselben zu verzweifeln.

Wir wissen ja, wie manchfaltig der chemische Proceß bedingt ist durch Wärme, Electricität, Druck. Wir sehen unter dem Einflusse gewisser Temperaturgrade Verbindungen sich bilden, welche bei anderen Verhältnissen der Wärme nicht entstehen, ja wohl nicht einmal sich erhalten können.

Wenn wir nun von unserer Unfähigkeit, manche Mineralien künstlich herzustellen, uns dadurch Rechenschaft geben, daß wir jene, den chemischen Proceß so wesentlich bedingenden Agentien nicht in denselben Maaßen anzuwenden vermögen, welche die Natur bei der Bildung derselben anwandte, oder daß wir auch vielleicht noch nicht genau wissen, in welchem Maaße

*) Die von Wöhler ausgeführte Darstellung einer organischen Verbindung, des Harnstoffes, aus einer anorganischen Verbindung, dem cyansauren Ammoniak, ist freilich von dem höchsten Interesse. Aber jene in den organischen Körpern, in den Pflanzen, stets vorkommenden Umwandlungen des Wassers und der Kohlensäure, hat noch kein Chemiker bewirkt.

dieselben einwirken müssen — dürfen wir dann nicht auf eine ähnliche Weise über unsere bisherige Unfähigkeit denken, den Bildungsgang des organischen Stoffes nachzuahmen?

Hier können es freilich keine schwierig darzustellenden Verhältnisse von Druck und Wärme seyn, welche uns im Wege stehen *). Dagegen haben die chemischen Forscher auf manches Andere aufmerksam gemacht, was die Verwandtschaften der Elemente in eigenthümlicher, früher weniger oder gar nicht beachteter Weise in Thätigkeit treten läßt. Wir haben Einwirkungen eines Körpers auf den andern kennen gelernt, bei welchen der erstere sich gar nicht verändert, nichts aufnimmt, nichts abgibt und dennoch eine chemische Veränderung bewirkt. Wir sind darauf aufmerksam gemacht worden, daß chemische Umsetzung in einer Substanz eine innere Veränderung einer andern bewirken kann, ebenfalls ohne dabei dieser etwas von ihren Elementen abzugeben oder zu entziehen. Obwohl wir nun dergleichen Vorgänge nicht auf den Typus der einfacheren, durch chemische Verwandtschaft geschehenden zurückzuführen vermögen, so steht doch Niemand an, sie als chemische Vorgänge zu bezeichnen. Und es ist sehr wahrscheinlich, daß solche Einflüsse bei den organischen Körpern eine große Rolle spielen.

Wir überlassen uns also der Aussicht, einst alle Umsetzungen der Elemente in den Organismen als rein chemischen Proceß zu begreifen, und thun das mit um so mehr Recht, da der Weg, auf welchen diese Annahme führt, nothwendig ein Weg des Fortschrittes, der Prüfung ist, während man von der Hypothese der Lebenskraft das Gegentheil sagen möchte, so daß wohl behauptet werden darf, daß die großen Physiologen, welche der Lehre von der Lebenskraft anhingen und noch anhängen, nicht durch diese Ansicht, sondern trotz derselben ihre Erfolge errungen haben. Wie man eine solche Kraft in manchen Fällen in's Spiel gezogen hat, weil man daran verzweifelte, den fraglichen Vorgang unter irgend welche bekannte Naturgesetze begreifen zu können, so hat man es denn auch gar zu oft dabei bewenden lassen; man hat nicht gestrebt, die Gesetze, nach welchen diese Lebenskraft wirkte, zu ermitteln, während doch die Annahme einer Kraft nur dann eine Bedeutung haben kann, wenn man ihre Gesetze erkennt. Wäre man sich dieses Bedürfnisses immer klar bewußt gewesen, so hätte man immer das Wort Lebenskraft gebrauchen mögen. Das Streben, die Gesetze derselben zu erkennen, mußte stets auf den rechten Weg führen. Aber weit entfernt davon, die Bezeichnung irgend eines Vorganges als Wirkung der Lebenskraft für bedeutungslos zu halten, so lange die Gesetze dieser Kraft nicht bekannt waren, hat man damit die genauere Forschung häufig zurückweisen wollen, indem man als einfache unmittelbare Wirkungen dieser Kraft die allerverwickeltsten Erscheinungen bezeichnete. Die Lebenskraft sollte überall thätig seyn, es sollte weder chemischer noch physikalischer Proceß im Organismus geschehen. Konnte man diese aber hie und da doch zu wenig verkennen, so sollte wenigstens die Lebenskraft Alles hervorbringen, was man anderweit nicht unterbringen konnte, sie sollte vielerlei bewirken, was wir bis jetzt doch keineswegs auf gleiche Gesetze zurückführen können. Nur in einem Punkte laufen alle diese Wirkungen zusammen: sie wirken für die Existenz des Individuums oder der Art. So ist es denn selbst zu einem Begriffe der Lebenskraft gekommen, welche ihr Gesetz in der Zweckmäßigkeit haben soll — ein Begriff oder Unbegriff, den Fechner's satyrische Laune kürzlich so trefflich gegeißelt hat (s. Vier Paradora von Dr. Mises).

Wir nehmen also an, daß innerhalb der Pflanzen die Verwandtschaften des Kohlenstoffes, Sauerstoffes und Stickstoffes, durch welche dieselben zu organischen Verbindungen

*) Dennoch ist aber das Leben der Pflanze so genau an gewisse Temperaturgrade geknüpft, es treten die (auf chemischen Processen nothwendig beruhenden) Erscheinungen des Wachsens der Blätter, der Bildung der Blüthe und Frucht für jede Pflanzenart so bestimmt nicht unter gewissen Wärmegraden ein, daß wir auch hierin einen deutlichen Fingerzeig sehen, wie wir hier mit wirklich chemischen Vorgängen zu thun haben.

zusammentreten, Gelegenheit finden sich zu äußern, und daß die organische Materie den regelmäßigen Kreis ihrer Umsetzungen in den pflanzlichen und thierischen Körpern überall durchläuft, weil ihr nach einander Bedingungen dargeboten werden, unter welchen sie ihrer chemischen Natur nach nicht umhin kann, sich in der Art weiter zu combiniren oder zu zersetzen, welche zugleich von dem Lebensplane des Organismus, in welchem sie sich befindet, gefordert wird, für diesen zweckmäßig ist.

Glauben wir, daß diese Ansicht sich in der Zukunft bestimmter bestätigen wird, und haben wir die feste, auf Erfahrung gestützte Ueberzeugung, daß bei dieser Ansicht das Fortschreiten der Wissenschaft am besten gesichert ist, so müssen wir doch eingestehen, für jetzt von unserem Ziele noch sehr entfernt zu seyn. Wir sind nicht bloß auf Vermuthungen beschränkt über die Bedingungen, unter welchen die organische Substanz entsteht, sondern auch über die Zusammensetzung mancher wichtiger Verbindungen wird noch Vieles zu leisten seyn.

Dieß zeigt sich nun namentlich auch, sobald wir nach den Formbestandtheilen des thierischen Körpers fragen und dabei stets die Aufgabe vor Augen haben, den Einfluß der chemischen Beschaffenheit auf die Form zu erkennen.

Um von diesen Formbestandtheilen oder Geweben des thierischen Körpers und ihrer Entstehung sich einen Begriff bilden zu können, ist es nothwendig, zunächst eine wichtige Eigenschaft der thierischen Theile zu beleuchten, welche sich in ihrem Verhalten gegen das Wasser kundgibt.

Mit Ausnahme der Fettanhäufungen und einiger krystallinischen Bildungen, welche in den Thieren vorkommen, finden wir in allen Theilen des thierischen Körpers, von den weichsten bis zu den starrsten, das Wasser auf eine eigene Weise verbreitet; wir müssen es als eine Eigenthümlichkeit der organischen Substanzen ansehen, das Wasser auf diese Weise aufnehmen zu können; wir können dieses Getränktseyn fester Theile mit Wasser nicht mit Evidenz dem Neben- oder Ineinanderseyn fester und flüssiger Substanzen in der anorganischen Natur vergleichen.

Das Verhalten des Wassers zu anorganischen Substanzen kann ein mehrfaches seyn, entweder eine bloße mechanische Vertheilung oder ein näheres chemisches Verhältniß.

Im ersten Falle ist das Wasser in kleinen Zwischenräumen eines porösen festen Körpers, oder es ist dieser in Pulverform im Wasser verbreitet.

Im zweiten Falle ist das Wasser von einem festwerdenden Körper durch chemische Verwandtschaft determinirt, ebenfalls den festen Aggregatzustand anzunehmen, das Wasser ist als Krystallwasser in der festen Substanz enthalten (man würde es vielleicht richtiger Krystalleis als Krystallwasser nennen); oder die überwiegende Wassermenge löst den festen Körper auf, indem sie ihn bestimmt, den flüssigen Zustand anzunehmen. In beiden Fällen ist eine mechanische Sonderung unmöglich, die schärfsten Mittel der Optik reichen nicht hin, die Theilchen des festen Körpers in Wasser, oder die Eistheilchen im Krystall wahrzunehmen. Durch andere Mittel läßt sich die Sonderung bewirken: durch Wärmeentziehung kann ein Theil des gelösten wieder fest werden, durch Erhitzung wird das Eis des Krystalles aus seiner Bindung befreit. Nun ist es gewiß, daß Wasser (wässerige Auflösungen verschiedener Substanzen) in den organischen Körpern in der Form der bloßen Beimengung vorkommt. Es sind feine Partikelchen fester Substanz in den Säften des Körpers vertheilt, und diese wiederum sind zwischen den Gewebetheilen des Körpers auf eine ähnliche Weise enthalten, wie das Wasser auch poröse Mineralien tränkt. Wir können wohl annehmen, daß die Gewebetheile (die Muskelprimitivbündel, die Zellgewebsfasern u. s. w.) feine Räume zwischen sich lassen, in welchen das Wasser, oder vielmehr die wässerigen Auflösungen, sich unter dem Einflusse der Capillaranziehung befinden.

Es ist aber die Frage, ob wir den ganzen Wassergehalt der organischen Körper aus diesem Gesichtspunkte ansehen dürfen?

Um dieses aufzuklären, würde man vielleicht untersuchen müssen, ob die organischen Körper überall nur da Wasser enthalten, wo Zwischenräume sinnlich wahrnehmbar sind. Aber gerade dieß ist nach den gegenwärtig herrschenden histologischen Ansichten durchaus nicht der Fall. Man ist durchaus nicht im Stande, in vielen feinen Theilen des Körpers mit den besten Hülfsmitteln Oeffnungen zu erkennen, während man sicher weiß, daß dieselben von Wasser stets getränkt, von den im Wasser aufgelösten Stoffen stets durchwandert werden. So ist die Wandung der feinsten Blutgefäße beschaffen, so die feinen Umhüllungshäute des Muskelprimitivbündels, der Nervenprimitivfaser u. s. w.

In sofern hätte man also entschieden kein Recht, das Verhalten des Wassers in den organischen Substanzen allgemein als ein Enthaltenseyn in feinen Capillar-Räumen zu bezeichnen: die Annahme dieser Oeffnungen widerspricht der Wahrnehmung.

Freilich aber muß man den Werth einer solchen Wahrnehmung sehr in Zweifel stellen, da ja die feinen Oeffnungen leicht jenseits des Horizontes unserer Mikroskope liegen können.

Dieser Vermuthung wird man um so mehr wissenschaftlichen Werth beilegen müssen, je mehr wir sehen, daß die Erscheinungen des Wassers in der organischen Substanz mit denjenigen übereinstimmen, welche das Wasser durch das Tränken poröser Körper bewirkt. Es gewinnt diese Vermuthung ferner durch Alles, was eine Vergleichung des Wassers in organischen Substanzen mit dem festen Wasser in Krystallen ferner rückt, da wir nur diese zwei Verhältnisse zwischen Wasser und fester Substanz kennen, uns also nothwendig zu der einen wenden müssen, wenn die andere unmöglich wird, und wir nicht eben ein drittes Verhältniß hypothetisch anzunehmen Grund finden.

Daß nun das Wasser in den Gewebetheilen des Körpers, auch da, wo dieselben keine mikroskopisch sichtbaren Oeffnungen darbieten, dennoch in flüssiger Form sich befindet, scheint sicher zu seyn. Denn die Ernährung setzt als nothwendig voraus, daß dieses Wasser sich in Bewegung befindet, daß die in demselben aufgelösten Substanzen als Nahrung in die Gewebtheile eindringen, als Zersetzungsprodukte aus ihnen heraustreten. Diesem Schlusse kann schon die gegenwärtige Physiologie durchaus nichts entgegensetzen. Wir können aber dem Vorgange auch durch die Beobachtung näher treten. Wir lassen reines Wasser durch die Blutgefäße des Schenkels eines Thieres laufen und sehen alsbald, wie ein hydropischer Zustand sich ausbildet, das Fleisch blaß und das Zellgewebe zu einer gallertartig erscheinenden Masse aufgetrieben wird. Dennoch ist das Wasser nicht durch Zerreißungen der Blutgefäße ausgetreten. Diese könnten ja eben so wohl durch Salzwasser zerrissen werden; dieses bewirkt aber weder das Blaßwerden der Muskeln, noch jene Auftreibung des Zellgewebes.

Mindestens eben so überzeugend sind gewisse mikroskopische Beobachtungen. Die mikroskopischen Theile der Organismen, welche wir später unter dem Namen der Zellen näher kennen lernen werden, sind kleine Blasen, in deren Wandungen noch kein genauer Beobachter Oeffnungen gesehen hat. *) Dennoch sehen wir dieselben unter dem Mikroskope zusammenfallen oder bis zum Zerreißen anschwellen, je nachdem man diese oder jene Flüssigkeit in Berührung mit ihnen bringt. Ja wir erkennen die Einwirkung dieser Flüssigkeiten auf den Inhalt dieser Bläschen, welcher nach Umständen dadurch gerinnt oder aufgelöst und ausgezogen wird. So ist es nicht schwer zu beobachten, wie die großen ovalen sehr platten Blutkörper nackter Amphibien unter dem Einwirken des Wassers ihre Abplattung aufgeben, zu runden Blasen anschwellen und dabei ihre Färbung gänzlich verlieren. Sie stellen dann höchst durchsichtige Blasen mit sehr zarten, aber doch ganz scharf gezeichneten Wandungen dar.

---

*) Es soll hier nicht behauptet werden, daß nicht im Laufe der Entwicklung von Zellen Oeffnungen in denselben entstehen können. Das geschieht gewiß auf manchfache Weise. Die Zellenwandung der entstehenden Zelle ist aber stets, und sehr oft ist auch die der völlig ausgebildeten, ohne sichtbare Oeffnung.

Also ist es nicht erstarrtes Wasser, oder doch nicht bloß erstarrtes Wasser, welches in den Gewebetheilen enthalten ist. Ich sage: nicht bloß erstarrtes Wasser, denn es geht aus dem Vorigen nur hervor, daß sich Wasser in beweglichem Zustande in der festen Substanz der organischen Wesen befindet, auch da wo wir keine Oeffnungen wahrnehmen. Daneben kann aber sehr wohl ein Theil des Wassers, welches wir bei dem Austrocknen organischer Substanz erhalten, aus näheren Verbindungen mit derselben ausgetreten seyn. Es ist dieß eine Möglichkeit, welche man im Auge behalten muß, da sich von hier aus vielleicht Manches erklären läßt.

Ein Umstand, welcher mir auf eine wirkliche chemische Bindung von Wasser, welches in organische Substanz eindringt, zu deuten schien, ist die Veränderung des specifischen Gewichtes im Froschlaiche. Derselbe sinkt bekanntlich zu Boden, wenn er gelegt ist, quillt dann auf und erhebt sich nach einigen Stunden an die Oberfläche des Wassers. Ist der Laich vor der Aufnahme dieses Wassers specifisch schwerer als Wasser, so kann er durch Aufnahme von mehr und mehr Wasser sich dem specifischen Gewichte des Wassers nur immer mehr annähern aber nie dasselbe erreichen oder gar leichter werden. Dürfte man aber annehmen, daß ein Theil des Wassers die feste Form annähme, sich chemisch bände, daß Wasseratome von der Ausdehnung des Eises in der aufgequollenen Gallerte zugegen wären, dann freilich wäre auch eine solche Veränderung des specifischen Gewichtes erklärlich. Aber man muß auch an die Möglichkeit anderer chemischer Processe denken, durch welche der gelegte Laich sein specifisches Gewicht in kurzer Zeit ändern kann. Er ist dem Einflusse des Sauerstoffs u. s. w. ausgesetzt. (Man erinnere sich hiebei, wie rasch manche thierische Ausscheidungen an der Luft oder im Wasser ihre Eigenschaften ändern; an das Festwerden des Spinnenfadens, an die Bildung der Kapseln für die Eier der Krebse. Auch bei dem Eiaustritte der Syngnathen fand Rathke („Zur Morphol." S. 161.) ein rasches Starrwerden der die Eier begleitenden Flüssigkeit, in Berührung mit dem Wasser.)

Eben so wenig entscheidend ist eine andere Erscheinung, welche auf den ersten Blick sehr geeignet scheinen könnte, zur Annahme einer engen Verbindung des Wassers mit den organischen Substanzen zu veranlassen: das Erstarren mancher Auflösungen organischer Substanzen. Wenn eine Leimlösung durch Verlust an Wärme zu einer Gallerte gesteht, so kann es sehr natürlich scheinen, diesen Vorgang so zu denken, wie das Starrwerden einfacherer Substanzen, z. B. des reinen Wassers selbst, welches durch Wärme im tropfbar flüssigen Zustande erhalten, bei Entziehung von Wärme fest wird. Soll man sich das Wasser oder einen Theil des Wassers in dieser Gallerte in Poren enthalten denken? Soll man dergleichen Oeffnungen in dem durch Hitze coagulirten Eiweiß oder im geronnenen Faserstoff annehmen? Man könnte sich dieser Annahme abgeneigt fühlen und dennoch ist auch hier das Wasser eben so beweglich, wie irgendwo in der organischen Substanz, indem es ebensowohl durch Druck, durch trockene Luft u. s. w. daraus entfernt werden kann.

Sehr auffallend muß aber immer die Volumänderung (das Aufquellen) und die Aenderung mancher physikalischen Eigenschaften der organischen Körper durch den Eintritt des Wassers seyn. Ein poröser anorganischer Körper nimmt in seine Oeffnungen Wasser auf, oder entläßt es wieder, ohne dabei seine Ausdehnung, seine physikalischen Eigenschaften so sehr zu ändern, als die organischen Substanzen.

Damit, daß das Wasser, welches einen organischen, ziemlich homogenen Körper, z. B. ein Stück geronnenes Eiweiß, verläßt, keine offenen Poren hinterläßt, muß es auch wohl zusammenhängen, daß diese Körper durch das Eintrocknen durchsichtiger werden.

Bei anorganischen Substanzen sehen wir hievon das Gegentheil. Die fein vertheilte anorganische Substanz kann undurchsichtig oder schwach durchscheinend seyn im trocknen, stark durchscheinend oder durchsichtig im feuchten Zustande, weil die Zerstreuungen und Reflexionen des Lichtes weniger bedeutend sind bei dem wiederholten Uebergange aus der festen Substanz in das Wasser und umgekehrt, als bei dem Wechsel von Luft und fester Substanz, indem diese festen Substanzen in ihrer Brechungsfähigkeit dem Wasser näher stehen, als der Luft.

Nehmen wir also ein Vorhandenseyn von Poren in den organischen Substanzen, auch wo sie am homogensten scheinen, an, so müssen wir zugleich annehmen, daß sich dieselben beim Austrocknen völlig verschließen, nicht Luft zulassen, wohl aber von hinzutretendem Wasser wieder geöffnet werden können.

Die Schwierigkeit einer Entscheidung leuchtet aus dem Vorigen wohl ein, und sie erklärt es, wenn man einerseits (s. Hildebrandt's Anat. 4. Ausg. v. Weber. S. 61.) das Wasser in den organischen Substanzen für gebunden erklärt, während man andrerseits bei den Untersuchungen über die Bewegung dieses Wassers in den organischen Substanzen von Ansichten ausgeht, welche Poren voraussetzen.

Wir dürfen wohl hoffen, daß mit der Aufhellung dieser schwierigen Frage noch manche andere Räthsel sich lösen werden. Unter den eigenthümlichen Thätigkeiten der thierischen Körper sind uns gegenwärtig die Functionen des Muskelfleisches vielleicht am besten bekannt. Die rasche Aenderung in der Form der Muskelfaser und die Aenderung ihrer Elasticität, welche gleichzeitig eintritt, sind Erscheinungen, welche ihres Gleichen in der anorganischen Natur vergeblich suchen. Sie müssen durch eine eigenthümliche Combination von Umständen bewirkt werden, und gewiß ist auch das Verhältniß der Muskelsubstanz zum Wasser dabei wichtig. Wir können uns Vorgänge, wie die Muskeln sie darbieten, schwer in einem starren Körper denken. Auch in starren Körpern finden wir freilich Umlagerungen der feinsten Theilchen (das Eisen, das Glas können, ohne flüssig zu werden, ihre Structur ändern), aber diese Vorgänge liegen doch den raschen Veränderungen im Muskelfleische noch fern. Ein starrer Körper, in welchem das Wasser in Capillar-Räumchen enthalten ist, bleibt immer derselbe starre Körper.

Ist es nun aber auch für jetzt nicht möglich, über die Verhältnisse, in welchen das Wasser in den thierischen Körpern sich befindet, zu einem reinen Abschlusse zu kommen, so können wir doch hier nun weiter zeigen, wie dieses den organischen Substanzen eigene Verhalten von der größten Wichtigkeit für die Formen und das Wachsthum, so wie für die fortdauernde Ernährung der thierischen Körper ist.

Wasser und die in ihm gelösten Substanzen sind in den organischen Gebilden beweglich vorhanden, auch wo dieselben keine sichtbaren Oeffnungen besitzen und bis jetzt scheinen selbst die Gesetze, nach welchen dieses Hindurchdringen von Wasser, Auflösungen oder aufgelösten Stoffen geschieht, ganz dieselben zu seyn, mögen wir eine poröse oder eine nicht poröse Schicht organischer Substanz in dieser Beziehung untersuchen.

Das Studium dieser Gesetze, ein Gegenstand von der äußersten Wichtigkeit für die Physiologie, beginnt eigentlich erst mit den Arbeiten von Dutrochet diese Bedeutung zu zeigen. Noch gegenwärtig aber, nach manchen weiteren trefflichen Untersuchungen über diesen Gegenstand, ist man keineswegs im Stande gewesen, die einfachsten Ausdrücke für diese Gesetze mit Sicherheit aufzustellen, und sie zur Erklärung so vieler Processe im Körper zu verwenden, bei welchen sie sicher in Anwendung kommen.

Die Methode, welche man bis jetzt meistens angewandt hat, um die Erscheinung der Endosmose *) zu studiren, besteht darin, daß man zwischen zwei Flüssigkeiten eine poröse Scheidewand anbrachte. Diese bestand entweder aus einer thierischen Membran oder auch aus einer porösen anorganischen Substanz (z. B. einer aus Thon gebrannten dünnen Platte). Auch feine Zwischenräume zwischen fest an einander gepreßten Glasflächen, so wie zwischen Quecksilber und Glas hat man angewandt, um die Gesetze dieses Durchdringens durch feine Capillar-Räume zu erkennen.

---

*) Bei den erwähnten Versuchen finden oft in den angewandten Scheidewänden Strömungen in zwei entgegengesetzten Richtungen Statt. Dutrochet unterschied deßhalb Endosmose und Exosmose. Das unterscheidende Merkmal ist aber ganz unwesentlich, weßhalb wir mit Anderen den ganzen Vorgang dieser Strömungen mit dem einen Namen der Endosmose bezeichnen.

Mit solchen Apparaten findet man, daß die Flüssigkeiten, in sofern sie überhaupt mit einander mischbar sind und von der Substanz der Scheidewand capillar angezogen werden, sich durch die Wand hindurch mit einander mischen. So dringen verschiedene Oele gegenseitig zu einander hindurch, so vermischen sich Wasser und Weingeist, Wasser und Säuren; wendet man auf der einen Seite Wasser, auf der andern Seite eine wässerige Lösung irgend einer Substanz an, so vermischen sich auch diese: es geht Wasser zu der Lösung und das Wasser, welches Anfangs rein war, erhält von dem auf der andern Seite in Auflösung befindlichen Körper; wendet man zwei verschiedene Lösungen an, so durchwandern beide die capillaren Oeffnungen der Zwischenschicht.

Sehr gewöhnlich sind die beiden Ströme von verschiedener, oft von bedeutend verschiedener Stärke, so daß der eine selbst dann noch überwiegt, wenn von der Seite, gegen welche er gerichtet ist, ein bedeutender Druck ihm entgegenwirkt.

Diese Erscheinung steht offenbar mit unter dem Einflusse der Anziehung der trennenden Substanz gegen die beiden Flüssigkeiten. Man findet diese Verhältnisse verändert, wenn die Substanz der Wandung sich ändert; läßt man Wasser und Weingeist durch eine Schicht thierischer Membran sich mischen, so überwiegt der Strom des Wassers zum Weingeist; wendet man als Scheidewand eine Kautschukplatte an, so ist der Strom von Weingeist sehr überwiegend, ja Anfangs der einzige. — Der Einfluß, welchen die Membran übt, ist auch daraus klar, daß dieselben Flüssigkeiten, welche in einander sich verbreiten können, und dieß durch eine Membran hindurch leicht thun, ohne eine solche zwischenliegende Wand lange mit einander in Berührung stehen können, ohne sich bedeutend zu vermischen: so das Wasser, welches, durch geringes specifisches Gewicht über einer Zuckerlösung ausgebreitet, lange stehen kann, ohne viel Zucker aufzunehmen. Es versteht sich also, daß man so einfache, bloß an die Beschaffenheiten der Flüssigkeiten geknüpfte Gesetze, wie bei der Diffusion der Gase, nicht erwarten kann. Der Strom derjenigen Flüssigkeit überwiegt, welche stärker von der Substanz der Scheidewand angezogen wird.

Dieser Einfluß muß um so mehr überwiegen, je feiner die Poren sind, und man hat selbst mathematisch darzustellen gesucht, daß bei einer gewissen Feinheit der Poren der Strom ein bloß einseitiger seyn würde.

Dieß könnte von großer Wichtigkeit für die scheinbar der Oeffnungen entbehrenden thierischen Membranen seyn, da wir ja in manchen Organen durchaus nur ein Hindurchtreten der Flüssigkeit in einer bestimmten Richtung kennen: so bei der Abscheidung in die Drüsen und bei der Aufsaugung der Lymphgefäße. Bei der bedeutenden Ausdehnung und der großen Feinheit der Membranen, würde die Strömung ungeachtet sehr enger Poren doch ergiebig seyn können.

Ein anderer Umstand, welcher hoffen läßt, daß die Gesetze der Endosmose manche Räthsel des Lebens aufdecken werden, sind die Verschiedenheiten in der Wirkung verschiedener thierischen Häute, welche man bis jetzt beobachtet hat, ja die Verschiedenheiten, welche eine und dieselbe Haut zeigt, je nachdem man der einen von den beiden Flüssigkeiten diese oder jene Seite der Haut zukehrt, oder je nachdem man die Haut diese oder jene Einwirkung hat erfahren lassen.

Freilich sind dieß nur Andeutungen, freilich haben wir noch keine Theorie der Endosmose und dürfen auch gar nicht erwarten, wenn wir sie einmal haben werden, ihre Anwendung auf die verwickelten Verhältnisse des thierischen Körpers leicht zu finden.

Aber schon das ist ein großer Gewinn für die Physiologie, daß wir wenigstens eine Vorstellung davon haben, wie die tränkende Flüssigkeit und die in ihr aufgelösten Stoffe in allen Geweben des Körpers nach physikalischen Gesetzen sich bewegen, wie Stoffe ausgetauscht werden können u. s. w.

Die Bewegungsrichtung dieser aufgelösten Stoffe (wir lassen jetzt außer Acht, in wiefern das auflösende Mittel an diesen Bewegungen Theil nimmt) wird in Beziehung auf die

Gewebetheile eine doppelte seyn: es dringen Substanzen in ihr Inneres ein und andere dringen aus ihnen hervor, die einen werden ihnen als Nahrung zugeführt, die anderen entstehen in ihnen selbst als Zersetzungsprodukt.

Es enthalten also die feinsten Theile des Thieres beständig einen Nahrungsstoff in sich, welcher fest werden und die etwa durch Zersetzung und Auflösung verloren gehende Substanz ersetzen kann.

Mit der festweichen Beschaffenheit und dieser Ernährungsweise der organischen Substanz, der sogenannten Intussusception (im Gegensatze der Anlagerung, Apposition der Krystalle) steht es nun also in nothwendiger Beziehung, daß die Formen derselben nicht dieselben seyn können, wie die der starren anorganischen Substanzen. Wir finden hier nicht Begränzung durch ebene Flächen, welche in scharfen Kanten gegen einander stoßen, sondern kugelige, cylindrische oder complicirtere, von gekrümmten Ebenen eingeschlossene, Formen. Nur äußerliche Aehnlichkeiten treten wohl hervor, wenn die ursprünglich rundlichen Gewebetheile sich bei ihrem Wachsthume so eng an einander schließen, daß sie sich gleichsam gegenseitig abplatten, wie das namentlich auffallend in den Gewebetheilen vieler Epithelien, im hyalinischen Knorpel und im Zellengewebe der Pflanzen vorkommt.

Natürlich können solche Verschiedenheiten keinen Grund abgeben, die Formen der belebten Natur (zunächst natürlich nur die Formen der mikroskopischen Elementartheile) für weniger abhängig von der Mischung zu halten, als es diejenigen der anorganischen Natur sind. Aber es ist klar, solche Formen ohne oder mit nur zufälligen Kanten, werden nicht so leicht bestimmt zu charakterisiren seyn, als die Formen der Mineralien.

Wir erkennen in den lebenden Wesen Formbestandtheile sehr verschiedener Art und werden diejenigen Formen, von welchen wir annehmen können, daß sie aus einer innern Nothwendigkeit hervorgehen, wohl zweckmäßig hauptsächlich in zwei Hauptabtheilungen zu bringen haben.

Ein Theil der mikroskopischen Bestandtheile besteht nämlich aus sogenannten Zellen, oder ist aus deren Umwandlung hervorgegangen, ein anderer Theil ist dagegen nicht Zelle oder Metamorphose derselben; diese letzteren, hier nur negativ bestimmten Gewebtheile, befinden sich entweder innerhalb der Zellen, Zelleninhalt, oder außerhalb derselben und können dann häufig als Intercellularsubstanz bezeichnet werden. Manchmal bilden sie indessen auch ganze Schichten, in welchen zu keiner Zeit der Entwicklung Zellen gefunden werden.

Sprechen wir zunächst von den Zellen. Es sind dieß Bläschen, aus organischer fester Substanz gebildet, von sehr verschiedener Größe. Sie enthalten bald mehr flüssige, bald auch feste Theile in ihrem Innern, welche von sehr verschiedenen Formen seyn können, häufig nur feine Körnchen darstellen. Der Inhalt mag übrigens diese oder jene Beschaffenheit haben, es zeichnet sich darin sehr gewöhnlich ein Körper von meist runder oder platter, kreis- oder ovalscheibenförmiger Gestalt und bald granulirtem, bald mehr klarem Ansehen aus, welcher oft deutlich an der Wand des Bläschens festhängt, ja wohl in dieselbe eingewachsen ist: der sogenannte Zellenkern.

Dieser scheint sowohl für die Entstehung der Zelle, als auch für spätere Lebensvorgänge derselben wichtig zu seyn. Wo sich geringe Anhäufungen von granulirtem Inhalte zeigen, sind diese Körnchen oft in einer bestimmten Weise kranzartig oder hofartig um den Kern geordnet. In Pflanzenzellen (vielleicht auch in einzelnen thierischen Zellen) sieht man Saftströmungen, welche am Kerne eine Art von Centralpunkt finden u. s. w. — Im Kerne selbst treten häufig noch ein oder mehrere Körnchen oder Bläschen hervor, welche man als Kernkörperchen bezeichnet.

Während der Antheil der Zellen an dem Aufbau der Pflanze schon längst großentheils erkannt war, hatte noch Niemand eine Ahnung davon, daß in Thieren etwas Aehnliches Statt finden könne, oder wo Ahnungen über allgemeine Grundformen der organischen

Natur ausgesprochen wurden, erschienen sie so vage, willkürlich, dem Boden der Erfahrung fremd, daß sie auf Geltung nicht Anspruch machen konnten. In einer Zeit, in welcher der Gebrauch des Mikroskopes an Werth und Ausbreitung schon zunahm, wo die Entstehung der Pflanzenzelle ein Gegenstand eifriger Forschung war, faßte Schwann nach glücklichen Wahrnehmungen den Gedanken auf, daß die Entwicklung der thierischen Gewebe gleichfalls durchweg auf dem Zellentypus beruhe, und befestigte durch weitere Beobachtungen seine Ansicht hinreichend, um diese Entdeckung, eine der größten in der thierischen Physiologie, veröffentlichen zu können.

Fig. 1.

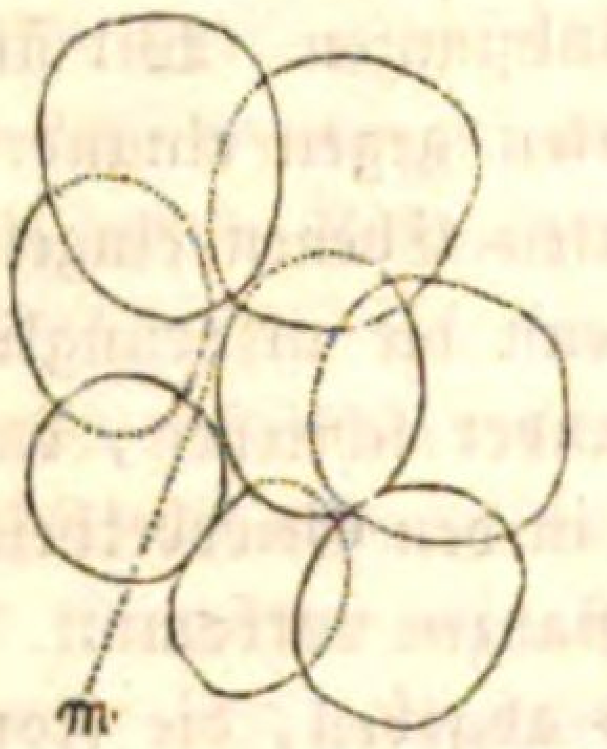


Fig. 2.

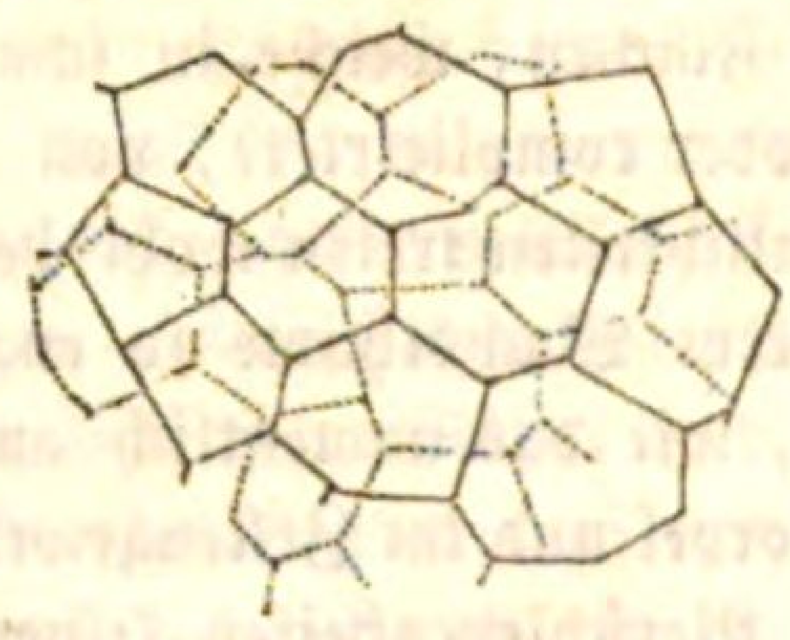


Fig. 3.



Fig. 1. Runde pflanzliche Zellen. Fig. 2. Polyedrische Pflanzenzellen. Fig. 3. Thierische Zellen mit Kern (a) und Kernkörperchen.

Seit dieser Zeit hat es nicht an fleißigen Forschungen auf diesem Gebiete gefehlt. Der Gegenstand ist aber so schwierig, daß über die Geschichte der Zelle noch sehr viel zu leisten übrig bleibt. Dahin gehört nicht bloß der Chemismus der thierischen Zelle, sondern es müssen auch viele Punkte ihres Entwicklungsganges, sowohl in ihrem ersten Entstehen, als auch in ihrer spätern Verwendung in den thierischen Geweben, noch fort und fort der Gegenstand der Untersuchung seyn.

Für uns ist hier augenblicklich das Verhältniß des Zellenkerns zur Zelle von großem Interesse. Wir lassen uns nicht auf die Fragen ein, in wiefern Zellenkerne durch Hohlwerden und Aufblähung zu Zellen, oder Zellen durch Umhüllung mit einer neuen Schicht zu Zellenkernen werden können. Es scheint uns der wesentliche Charakter des Zellenkerns und der Zelle noch nicht hinreichend fest begründet zu seyn, um über diese Fragen bestimmt entscheiden zu können.

Das aber ist nach manchfaltigen Beobachtungen als sicher anzunehmen, daß der Kern für das Entstehen der Zelle sehr gewöhnlich eine wesentliche Rolle spielt. Schwann selbst nahm, wie Schleiden für die Pflanzenzelle, anfänglich an, daß der Kern stets präexistire und die Zelle zuerst ein Anflug festgewordener organischer Substanz an dem Kerne sey. Diese Substanz werde dann hohl, dehne sich mehr und mehr aus, während der Kern dieses Wachsthum nicht mitmacht, so daß später die Zelle eine Blase vorstellt, in welcher der Kern nur als (an Größe) untergeordneter Theil an einer Stelle der Wand festhängt, auch wohl verschwindet.

Daß dieß jedoch nicht die einzige Art sey, wie thierische Zellen entstehen können, wurde bald aus Beobachtungen an den Dottern von Batrachiern nachgewiesen, und ist seitdem von vielen Beobachtern angenommen, welche die Zellenbildung aus der Zerklüftung des Dotters verfolgt haben.

Indessen auch bei dieser Zellenbildung zeigen sich Kerne, welche irgendwie eine Wirkung auf dieselbe haben mögen.

Ist nun aber der Kern ein wichtiges, wesentliches Glied in der Entstehung sehr vieler Zellen, scheint er die Bedingung des Entstehens derselben zu seyn, so muß man auch den Versuch aufgeben, in der Zelle einen thierischen Krystall sehen zu wollen, wie es Schwann vorgeschlagen hat. Niemand wird läugnen, daß Schwann diesen Versuch auf eine geistvolle und scharfsinnige Weise durchgeführt und mit solcher Anspruchslosigkeit hingestellt hat, daß

man auch bei abweichender Ansicht sich an jener Darstellung erfreuen und ihr einen wissenschaftlichen Werth zuerkennen muß.

So hat Schwann aus der Tränkbarkeit der organischen Substanz und ihrer weichen Beschaffenheit sinnreich die Unterschiede abgeleitet, welche zwischen der Form und dem Wachsthume der Zelle und des Krystalles auffallen: daß die Begränzungsflächen anderer Art sind, so wie die Zelle sich frei ausdehnen kann (sich nicht an anderen abplattet), und daß die Zelle hohl ist, nicht solide, wie der Krystall. Der letztere Punkt freilich ließ sich doch nur als eine mit der Natur der organischen Substanzen innig zusammenhängende Möglichkeit, nicht als Nothwendigkeit auffassen.

Eine wahre Klippe für diesen Vergleich ist aber, wie gesagt, der Kern. Denn mit diesem ist gleich zu Anfang ein Gegensatz gegeben, wie er in dem völlig homogenen Krystalle sich nicht findet. Kern und Zelle sind heterogen. Ihr chemisches Verhalten, so wie die unmittelbare sinnliche Wahrnehmung, das Lichtbrechungsvermögen u. s. w. zeigen dieß. Wir sind also genöthigt anzunehmen, daß die Bildung der Zelle auf einer weniger einfachen Combination von Kräften beruht, als die Bildung des Krystalles; der Vergleich zwischen beiden ist nicht zulässig, die Zelle ist nicht der Krystall der organischen Substanzen.

Dem ungeachtet würde noch immer die Frage bleiben, ob nicht bei den Zellen ebenso wie bei den Krystallen die Manchfaltigkeit der Formen auf chemischen Verschiedenheiten beruhe.

In wiefern dieß der Fall seyn mag, ist indessen bis jetzt nicht zu beantworten. Was wir über den Chemismus der thierischen Zellen wissen, ist ungenügend, und selbst ihre Metamorphosen sind noch bei weitem nicht so festgestellt, als man wünschen muß. Jedenfalls aber werden die Verhältnisse, welche auf die Entwicklung der Zelle Einfluß haben können, bald noch complicirter, als sie bei der ersten Entstehung schon sind. Wir erkennen in verschiedenen Zellen, welche verschiedene Formen annehmen, auch verschiedenen Inhalt, und wir finden sie in verschiedener Umgebung, in andere Gewebe oder mehr structurlose Massen eingebettet oder auch, ohne dergleichen Zwischenlagerungen, einander unmittelbar berührend. Was unter diesen verschiedenen Verhältnissen nun als das primär wirkende betrachtet werden muß, ist dunkel. Die Zellen, welche den Embryo zuerst zusammensetzen, sind einander höchst ähnlich.

Wenn nun allmälig die Verschiedenheiten hervortreten, so sind das vielleicht noch früher Verschiedenheiten des Inhalts, als der Form. Wir haben deßhalb keinen hinreichenden Grund, diese eintretenden Differenzen als auf einer verschiedenartigen Thätigkeitsweise der Zellen zunächst beruhend aufzufassen. Es können äußere Umstände, der Stoff, welcher sich ihnen zur Aufnahme darbietet, ebensowohl den ersten Anstoß zu der später so verschiedenen Entwicklung der Zellen geben.

Einfacher als die Zelle ist wohl in vielen Fällen der Zelleninhalt und die Intercellularsubstanz. Sehen wir z. B. die Muskelprimitivfaser als einen Zelleninhalt an, welcher sich, nach Art der Verholzungsschichten in den Pflanzenzellen, und zwar in reihenweis verschmolzenen Zellen bildet, so würde es wichtig seyn, daß wir dieselbe Form der abgelagerten Masse mit derselben chemischen Beschaffenheit und denselben Lebenserscheinungen ausgestattet, in so großer Ausbreitung im Thierreiche wieder finden. Namentlich würde dieß wichtig seyn, wenn wir Grund hätten, die Muskelprimitivfaser für chemisch homogen zu halten, was freilich neuere Chemiker bestreiten. Mögen nun die Bedingungen, unter welchen diese Substanz an Ort und Stelle gelangt ist, seyn welche sie wollen, wir dürfen doch wohl annehmen, daß die Form, welche sie überall annimmt, auch in ihr selbst bedingt ist, mit derselben Nothwendigkeit, mit welcher die Form eines Krystalles auf seiner chemischen Zusammensetzung beruht. *)

*) Ich möchte hier namentlich überflüssige Annahmen von Einwirkungen der Zellenwand auf ihren Inhalt zurückweisen. Die Zellenwandung kann allerdings durch ihre Beschaffenheit einen Einfluß

Nicht überall ist der Zelleninhalt von so charakteristischen Formen, auch ist er in sehr vielen Arten von Zellen offenbar nicht ein reiner chemischer Körper, sondern gemengt aus mehreren. Wäre es aber auch nur von einem solchen Gewebtheile, wie es die Muskelprimitivfaser ist, mit Sicherheit anzunehmen, daß seine Form mit Nothwendigkeit und lediglich aus der chemischen Beschaffenheit hervorginge, so wäre damit wenigstens ein fester Fuß gefaßt, und viel gewonnen.

Wir wollen aber auch noch eine Ansicht erwähnen, nach welcher die organischen Substanzen ebensowohl krystallinische Form annehmen, wie die anorganischen, so jedoch, daß die Krystalle jenseits der durch das Mikroskop wahrnehmbaren Größen liegen. Hiernach würden alle wahrnehmbaren Gewebetheile Aggregate von Krystallen seyn, welche selbst der Wahrnehmung entgingen. Man kann auf eine solche Hypothese natürlich gegenwärtig wenig Gewicht legen. Doch sey es gesagt, daß sie sich sehr gut mit der Tränkbarkeit, mit dem Eindringen des Wassers in die scheinbar continuirliche organische Substanz zu vereinigen scheint. Diese kleinen Krystalle können auch nur kleine (unsichtbare) Oeffnungen zwischen sich lassen. Aber dieselben können verhältnißmäßig groß seyn und so den starken Wassergehalt fester organischer Substanzen erklären. Es werden in dieselben keine festen Theile von sichtbaren Größen eindringen können, aber sie schließen das Eindringen kleiner fester Theilchen nicht absolut aus. Eigenthümliche Verhältnisse müssen es dann aber seyn, welche diesen kleinen Theilen erlauben, beim Eindringen von Wasser (Aufquellen der Substanz) ihre gegenseitige Lage zu ändern, ohne in ihrem Zusammenhange gestört zu werden.

Als Resultat dieser Betrachtung über die Formen der Gewebtheile können wir aussprechen, daß wir über die Vergleichbarkeit derselben mit den Krystallformen noch unsicher sind; daß wir den Vergleich der Zelle mit dem Krystalle ablehnen müssen, weil sie nichts Homogenes ist; daß aber die chemische Aehnlichkeit ähnlicher Gewebe dafür spricht, daß auch in den Geweben, wie in den Krystallen, *die Ursache der entstehenden Form in der chemischen Beschaffenheit des festwerdenden Stoffes zu suchen ist.*

Eine große Schwierigkeit für die Annahme dieses Satzes könnte vielleicht darin zu liegen scheinen, daß wir zwischen den chemischen Beschaffenheiten mancher Substanzen keine Verschiedenheit finden, während doch die Formen, in welchen sie sich darbieten, sehr verschieden sind. Wir erinnern daran, daß man völlige chemische Uebereinstimmung zwischen gewissen Verbindungen behauptet hat, welche sowohl in Thieren als Pflanzen vorkommend, doch in beiden ganz verschiedene Gestalten annehmen.

Diese Schwierigkeit würde sich freilich verlieren, aber mit ihr auch der Werth der Uebereinstimmung der Form bei übereinstimmender Mischung, wo wir sie erkennen, sich vermindern, wenn wir annehmen, daß es unsichtbar kleine Krystalle wären, in welchen sich das Formbestreben der organischen Stoffe geltend machte. Dann wären die sichtbaren Gewebtheile nur Krystallaggregate; eine Formverschiedenheit derselben würde nichts, eine Aehnlichkeit wenig zu bedeuten haben.

Nehmen wir aber an, daß es die *sichtbaren* Formen der Gewebe sind, welche man mit den Krystallen zu vergleichen hat, finden wir dann dennoch die gleiche chemische Zusammensetzung nicht bloß bei gleichen Formen, sondern auch bei sehr ungleichen, so ist zur Erklärung dieses Umstandes auf drei Verhältnisse hinzuweisen.

Erstlich erinnere man sich, daß auch die Krystallformen einer und derselben Substanz sehr verschieden seyn können, so daß das Auge des Laien darin eine Verwandtschaft nicht

---

auf das Aus- und Eintreten der Substanzen üben; die Formen aber, welche diese im Festwerden annehmen, werden wir geneigt seyn müssen, zunächst aus ihnen selbst zu erklären. So hat man es ja auf einer frühern Stufe der Wissenschaft für einen Fortschritt anerkannt, als bestimmt ausgesprochen wurde: die Gewebtheile ernähren sich selbst, nicht die Blutgefäße sind es, welche als Bildner der Organe betrachtet werden können.

zu erkennen vermag. Die verschiedenen Durchmesser verlängern und verkürzen sich im Verhältnisse zu einander in hohem Grade; untergeordnete Flächen treten in einem Falle hervor, dehnen sich bedeutend aus, fehlen im andern Falle ganz. Es gehört eine Kenntniß der wesentlichen, entscheidenden Merkmale dazu, um die Verwandtschaft der Formen zu erkennen.

Mit den Formen der organischen Körper stehen wir nun aber ebenso, wie ein der Krystallographie ganz Unkundiger zu den Krystallen: wir erkennen nicht das Wesentliche derselben, wir erkennen deßhalb die Uebereinstimmung auch nur da, wo wesentlichere und zufälligere Formen gleichmäßig übereinstimmend gebildet sind. Wir vergleichen leicht die eine Muskelprimitivfaser mit der andern. Hat aber ganz derselbe chemische Stoff noch andere Formen, in welchen er fest wird, so fehlt uns die Kenntniß der Vergleichspunkte, welche dennoch vielleicht vorhanden seyn können. Das Vorherrschen einer bestimmten Dimension z. B. wird gar nicht so wesentlich seyn können. Viel weiter sind wir aber in der Formbeschreibung der einfachsten Gewebselemente nicht, als daß wir die Dimensionen derselben ermitteln, dieselben unter einander vergleichen. Wir kennen rundliche oder platte Fasern, Kügelchen von verschiedenen Größen u. s. w. —

Zweitens könnte es bei den organischen Substanzen ebensowohl wie bei den mineralischen vorkommen, daß sie außer in krystallinischem Zustande sich auch im sog. amorphen vorfänden, in einem Zustande, in welchem die äußere Form ganz und gar von den Umständen abhängt.

Drittens aber kennen wir von den wichtigsten Stoffen wohl zum Theile die Elementaranalysen, während uns die eigentliche chemische Constitution noch dunkel ist. Wir wollen z. B. annehmen, daß eine und dieselbe Form des Proteïns (gleiche Mengen von Sauerstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff, verbunden mit gleichen Procenten von Phosphor Schwefel u. s. w.), wenn sie aus dem Pflanzenreiche als Nahrung in das Thier übergegangen ist, hier Gewebetheile bildet, welche ähnlich sich in Pflanzen nicht finden, zugleich auch Functionen verrichten, welche in den Pflanzen fehlen; so ist immer die Annahme möglich, daß bei gleicher Menge der einzelnen Elemente doch die Verbindungsweise dieser Elemente unter sich in beiden Fällen eine verschiedene ist. Je zahlreicher in einer Verbindung die Elemente und je weniger einfach die Zahlenverhältnisse sind, in welchen dieselben zu einander stehen, um so näher liegt diese Ansicht, und um so manchfacher können die Variationen seyn.

Wenn man nun außerdem überlegt, daß wir vielleicht in vielen Fällen es nicht mit einfachen Formen des Proteïns zu thun haben, sondern mit Gemengen verschiedener Formen, wie das mit dem Fleische der Fall seyn soll, daß offenbar das Proteïn Verbindungen mit verschiedenen unorganischen Substanzen im Körper eingeht, daß es in verschiedenen Oxydationsstufen vorkommt, so kann uns die Manchfaltigkeit seiner Erscheinungsweise nicht Wunder nehmen, uns durchaus nicht veranlassen, die Eigenschaften, welche es in irgend einem besondern Falle zeigt, unabhängig von seiner chemischen Zusammensetzung zu glauben.

Es ist hiernach vielleicht nicht schwer, es wahrscheinlich zu finden, daß in den verschiedenen Geweben des Körpers, im elastischen und Bindegewebe, Knorpel, Knochen, Epithelien und Drüsenzellen, in Nerven- und Muskelsubstanz alle Form und Function in nothwendiger Beziehung zu der chemischen Zusammensetzung stehe.

Weit ferner als alles dieß liegt es aber unserer Einsicht, wie wir die Erscheinungen der Entwicklung zu verstehen haben, wie aus so einfachen Anfängen so zahlreiche und bestimmte Formen hervorgehen können; wie die Theile des Körpers so regelmäßig und manchfaltig sich gliedern können, da sie aus einem Dotter, einem Gemenge von Eiweiß und Oel entstehen, welches bei den unzähligen Thieren so wenige Besonderheiten darbietet, so wenig die Anlage verräth, einem so künstlichen Gebäude seinen Ursprung zu geben. Wie ist es möglich zu glauben, daß materielle Verschiedenheiten des Dotters es sind, welche die Formen nicht nur der besonderen Species bedingen, sondern selbst innerhalb der Species noch den Familien-Eigenthümlichkeiten der thierischen Körper zu Grunde liegen? Und dennoch sind

selbst diese letzteren schon mit dem befruchteten Ei gegeben, denn auch die Eier der Vögel, welche bald nach der Befruchtung den Mutterkörper verlassen, pflanzen solche Eigenthümlichkeiten fort. Sie empfangen nur noch Wärme vom mütterlichen Leibe, das gelegte Hühnerei bringt dasselbe Hühnchen in der Brütmaschine, als unter dem Leibe der Mutter hervor, und die junge Ente wird eben so vollkommen vom Huhn und Puterhuhn ausgebrütet, als von der eigenen Mutter.

In dem Dotter, mit dem Augenblicke der Befruchtung, ist also die Bedingung aller der manchfaltigen Bestimmungen gegeben, welche der anatomische Fleiß allmälig kennen zu lernen strebt. Je mehr der Aufgaben wir in der Anatomie des Menschen und der Thiere noch vor uns sehen, während die Masse der Kenntnisse doch schon so bedeutend ist, um so auffallender scheint es uns, daß ein so reicher Bau in einem so einfachen Wesen, wie der Dotter ist, schon als Nothwendigkeit gegeben seyn kann.

Wir erleichtern uns die Auffassung dieses Werdens und der Nothwendigkeit desselben auch nicht dadurch, daß wir uns erinnern, wie die Organismen auf früheren Entwicklungsstufen einander so viel näher stehen, als später, wie namentlich von den Wirbelthieren eine Mehrzahl von Entwicklungsverhältnissen bekannt ist, in welchen die frühesten Stufen derselben übereinstimmen, während später die Aehnlichkeit mehr und mehr schwindet.

Es ist dieß freilich interessant, daß auf den mehr homogenen Zustand des Dotters, in welchem alle Thiere einander so ähnlich sind, auch zunächst noch Formen folgen, in welchen die Verschiedenheiten weniger zu erkennen sind, aber es wird dadurch der obige Satz doch nicht wesentlich modificirt: auch zu der Zeit schon, wo der menschliche Embryo noch gewisse auffallende Aehnlichkeiten mit einem Fischchen hat, ja schon ehe sich aus der Masse der Keimzellen irgend ein Theil besonders herangebildet hat, ist er ein *menschlicher* Embryo, ist der ganze menschliche Bau mit Nothwendigkeit in ihm begründet.

Es ist nicht zu verwundern, daß man sich hier mit besonderem Widerwillen oder besonderer Ungläubigkeit der Ansicht widersetzt, daß diese Nothwendigkeit ganz auf der Materie beruhe. Dennoch muß man eingestehen, daß die entgegengesetzte Ansicht, wie man sie auch ausdrücken mag, immer den Charakter behält, unsere Unwissenheit durch ein Wort zu bemänteln und von der eindringenden Forschung abzuleiten. Wenn man sagt, es sey in dem befruchteten Dotter die *Idee des künftigen Organismus* gegeben, und diese bethätige sich in seinen Entwicklungsprocessen, so ist damit entweder mehr gesagt, als man behaupten darf, oder nichts mehr, als wir schon ausgedrückt haben: es sind die *Bedingungen* gegeben, wie uns die *Erfolge* lehren.

Daß eine solche Ansicht aber, wenn die Mehrzahl der Naturforscher ihr traut, und in ihr eine Erklärung zu besitzen vermeint, von der Forschung abführt, davon möchten vielleicht die unzweideutigen Beweise gerade in unserer mangelhaften Kenntniß des Eies zu finden seyn. Wenn nicht so mancher tüchtige Naturforscher vor der Vorstellung zurückwiche, daß materielle Verschiedenheiten der Eier der verschiedenen Thierarten die Ursache der Verschiedenheit dieser Arten selbst seyn müßten, wie sie auch deren Erfolg sind, so würde die Wissenschaft ohne Zweifel ein reichlicheres Material vergleichender Oologie besitzen, als bis jetzt der Fall ist.

So müssen wir freilich über diesen Punkt eine tiefe Unwissenheit bekennen. Nur für die größeren Thiergruppen wissen wir allenfalls einige Charaktere der Eier anzugeben, aber in welchen Punkten die Eier der Thiere, welche zu einer Familie oder einer Gattung gehören, unter einander übereinstimmen, während sie von andern darin abweichen, das ist noch kein Gegenstand des ernsten wissenschaftlichen Strebens in irgend einiger Ausdehnung gewesen. Wir zweifeln nicht, daß man hierin einst eine der wichtigsten Aufgaben der Chemie und der mikroskopisch-anatomischen Untersuchung anerkennen wird. Aber es mag freilich noch viele Zeit darüber vergehen, Vieles aufgeklärt werden müssen, ganz neue Methoden der Untersuchung zu erfinden seyn, ehe auf diesem Gebiete etwas Befriedigendes geleistet werden kann.

In dieser Hinsicht ist denn auch die von uns bekämpfte Ansicht vielleicht praktisch dennoch nicht so gar schädlich. Sie dient vielen zu einer einstweiligen, wenigstens halben Beruhigung über Fragen, zu deren Lösung die Wissenschaft noch nicht reif ist. Es geht uns hier mit dem Organismus oder mit dem Ei wie dem Wilden mit einer Taschenuhr, oder irgend einer künstlichen Maschine. Er denkt sich einen Geist hinein, welcher diesen Mechanismus willkürlich in Bewegung setzt; und dieser Irrthum ist ein wenig schädlicher, so lange es dem Wilden an den Vorkenntnissen fehlt, welche zu einem Verstehen der Maschine nöthig seyn würden.

Für jetzt mögen wir nur darauf hindeuten, wie ungeachtet der verhältnißmäßig geringen Aufmerksamkeit, welche dem Gegenstande bis jetzt zu Theil geworden ist, dennoch schon zahlreiche Verschiedenheiten zwischen den Eiern verschiedener Thiere bekannt sind. So besitzen wir Untersuchungen über Dotter, Keimbläschen, Keimflecken (und Samenflüssigkeit) mancher Thiere, welche als dankenswerthe Anfänge gelten müssen.

Zerstreutes über die sinnlichen Merkmale besonderer Eier findet man an den verschiedensten Orten, in zoologischen und anatomischen Schriften. Wir kennen manchfache Formen und Größen, sowie auch manchfache Farben- und sonstige Eigenthümlichkeiten des Dotters. Schon bei den Wirbelthieren variirt er vom hellsten Gelb durch dessen dunklere Nuancen in's Rothe und bis in's dunkelste Braun hinüber. Bei andern Thieren kommen auch grüne, blaue und andere Färbungen vor. Es ist ferner bekannt, wie die festen Theile im Dotter an relativer Menge, Form und sonstiger Beschaffenheit manchfaltig abgeändert sind. Wir finden die Dotter bald klar, bald undurchsichtig; die Partikelchen, welche sich in ihnen auszeichnen, treten bald mit dunkleren Rändern auf, bald blasser und zeigen so an, daß ihr Lichtbrechungsvermögen bald mehr bald weniger von dem der umgebenden Flüssigkeit abweicht. Sie sind sehr häufig nicht eigentlich fest, sondern erscheinen als runde Oeltropfen, während sie in anderen Fällen selbstständige Formen zeigen.

Wollte man besondern Fleiß auf diese Untersuchungen wenden, so würde man bald ein reiches Material gewinnen können und die chemische Untersuchung müßte der mikroskopischen allmälig nachfolgen.

Wir werden dieß hier mit derselben Sicherheit voraussetzen dürfen, wie wir aus den zahllosen Verschiedenheiten des Geschmackes und Geruches, welche uns z. B. die Nahrungsmittel darbieten, auf chemische Differenzen schließen, auch wo die Analyse dieselben bis jetzt nicht nachzuweisen vermag.

Wir zweifeln doch auch nicht daran, daß es materielle Verschiedenheiten der Emanationen des Körpers sind, welche den Hund fähig machen, einzelne menschliche Individuen aufzusuchen; wir erkennen ebenso auch an, daß es Verschiedenheiten der Luftschwingung sind, durch welche wir so viele menschliche Stimmen oft an einem einzigen Laute erkennen.

So sehr wir aber wünschen, daß die Lücken unserer Kenntniß der Beschaffenheit des Eies sich allmälig füllen, daß tüchtige Beobachter sich diesem Geschäfte widmen mögen, so wiederholen wir dennoch, daß allerdings aus allen unseren bisherigen wissenschaftlichen Begriffen und Untersuchungsmethoden noch in keiner Weise ein bestimmter Fingerzeig hervorgeht, aus welcher Richtung uns einmal das gewünschte Licht kommen könnte. Es ist für jetzt nur ein Princip, was wir vertheidigen, theils seiner selbst willen, theils wegen der Consequenzen, welche es für alle Theile der Lebenslehre hat.

Erscheint uns aber die Annahme nicht mehr fremdartig, daß zwischen den Eiern aller Thiere sich wichtige, wenn auch zarte, materielle Verschiedenheiten finden, wissen wir ferner, daß auch die Samenfädchen des männlichen Samens die manchfaltigsten Verschiedenheiten wenigstens der Form darbieten, so wird uns auch die Ansicht nicht so sehr abschrecken, daß in einem jeden Dotter nach der Befruchtung die Nothwendigkeit, zu einem Individuum einer bestimmten Thierspecies zu werden, in der Qualität seiner Materie begründet ist. Jeder einzelne Entwicklungsmoment ist die nothwendige Folge des vorausgegangenen und die

2*

Bedingung des folgenden. Es ist wie bei einer nach bestimmten Gesetzen gezogenen Linie, z. B. einer Spirale. Die Spirallinie kann nach den manchfaltigsten Verhältnissen gebildet werden, aber der kleinste Theil einer gegebenen Spirale enthält die Formel in sich; wir mögen diesen Theil vom Anfange oder von irgend einer andern Stelle hernehmen, stets ist mit ihm die Nothwendigkeit einer bestimmten Richtung gegeben, wenn die Linie weiter fortgeführt werden soll, einer Richtung, welche in einer langen Strecke mit den Richtungen anderer Linien fast zusammenfallen, allmälig aber dennoch immer weiter und deutlicher von ihnen abweichen kann.

Wenn wir es als wesentliches Ziel der Lebenslehre bezeichnen müssen, jeden Lebensvorgang als Naturproceß zu begreifen, ihn so weit zu analysiren, daß wir ihn auf die einfachen Bewegungen, Anziehungen, Abstoßungen zurückführen, auf welchen zuletzt alles Geschehen beruhen muß, wenn es überall gesetzlich und erforschbar ist, so ist es doch sehr begreiflich, daß wir daneben stets ein großes Interesse mit der zusammenfassenden Betrachtung verbinden werden: wie aus dem Zusammenwirken aller Thätigkeiten eines belebten Wesens die Erhaltung des Individuums und der Art hervorgeht. Während jene Untersuchung, das genaue Nachrechnen der Rechnung, auf welcher die Existenz eines Thieres beruht, bei ihrer großen Schwierigkeit und daher rührenden vorläufigen Lückenhaftigkeit, sich leicht in das Einzelne verliert und fast überall zuletzt in ein Labyrinth von Fragen hineinführt, fühlen wir uns gedrungen, durch ergänzende Hypothesen zu einem Bilde zu gelangen, um eine ungefähre Vorstellung davon zu erhalten, wie die Organismen bestehen können. Das Interesse einer solchen Betrachtungsweise ist ein manchfaches, es ist theils wissenschaftlicher, theils aber auch egoistischer Natur. Denn es ist nicht zu bezweifeln, daß das Interesse, welches der Mensch an seiner eigenen Existenz nimmt, der Wunsch dieselbe zu begreifen, ja sie zu sichern und zu fördern, einen sehr wesentlichen Rückhalt für die physiologische Forschung bildet, welche eben deßhalb auch vorzugsweise mit dem medicinischen Studium sich zu verbinden pflegt.

Wenn nun der Mensch von vorn herein geneigt ist, auf sein eignes Daseyn einen hohen Werth zu legen und zugleich wahrnimmt, wie ungemein manchfaltig die Veranstaltungen sind, durch welche dasselbe möglich wird, so stellt sich ganz natürlich die Auffassung ein, daß er seine eigene Existenz als einen wichtigen Naturzweck ansieht und in dieser Hinsicht alle die Einrichtungen erklärlich findet, welche zur Erreichung dieses Zweckes vorhanden sind, ohne welche derselbe mehr oder weniger verfehlt werden müßte.

Es ist nun durchaus nicht unsere Meinung, einer solchen Ansicht allen Grund absprechen zu wollen. Vielmehr möchten wir dieselbe gegen gewisse Angriffe in Schutz nehmen, während wir allerdings zugleich vor einem Mißbrauche derselben warnen müssen.

Denn Mißbrauch hat dieser Auffassungsart gerechten Tadel klarer Denker zugezogen, und dieser Tadel, dessen Grund Vielen offenbar nicht recht klar geworden ist, hat wieder bei Manchen ein ängstliches Mißtrauen, bei Andern Verhöhnung der sog. Teleologie hervorgerufen. Dabei haben die Mißtrauischen und die Spötter aber wohl in der Regel nicht allzu wohl begriffen, auf welchem Boden sie sich befanden.

Bei dieser Gelegenheit wirft sich uns freilich sogleich die Frage entgegen, ob wir überhaupt ein Recht haben, von Zwecken in der Natur zu sprechen? eine Frage, welche wir in ihrem ganzen Gewichte keineswegs hier durchzuprüfen unternehmen können. Wenn wir aber uns einen Beginn der unendlichen Bewegung im Weltall denken und wenn wir es uns nicht nehmen lassen wollen, diesen Beginn von dem willkürlichen Acte einer unbegränzten, mit unendlicher Voraussicht bekleideten Macht herzuleiten, so dürfte sich daraus wohl die Folgerung ergeben, daß wir allerdings alles Geschehen, welches sich aus diesem ersten Anstoße entwickelt hat, als bezweckt ansehen dürfen, da es eine nothwendige Folge des schöpferischen Actes ist.

Durch eine solche Begründung des Bezwecktseyns der Dinge reißen wir uns denn sogleich los von jeder Beschränktheit, welche etwa irgend etwas in der Natur Existirendes lediglich als Mittel, etwas Anderes lediglich als Zweck ansehen will. Es ist Alles bezweckt, was entsteht und geschieht, und wir dürfen nur in sofern gewisse Zwecke als wichtiger und als einer besondern Aufmerksamkeit werth bezeichnen, als sie fort und fort erreicht werden, während doch zu ihrer Erreichung in der That eine sehr große Menge von Umständen günstig zusammenwirken müssen. In dieser Hinsicht sind wir dann allerdings berechtigt, den Menschen für einen vornehmeren Zweck der Natur als das Thier zu erklären, das Thier über die Pflanze und diese über den Krystall, über das todte Gestein u. s. w. zu setzen. Ja wir erkennen die Bedeutung des Menschen in der Natur, wenn wir, von dem einer Berechnung unzugänglichen geistigen Vorrange des Menschen absehend, uns rein auf Anerkennung dessen beschränken, was in der Körperwelt geschieht, auch in sofern, als sich das Menschengeschlecht thatsächlich mehr und mehr über den Erdboden verbreitet, Pflanzen und Thiere, welche ihm entgegenstehen, vernichtet, und in stetem Fortschritte die Kräfte der Natur in seinen Dienst zieht.

So gewiß also auch der Mensch wieder Naturzwecken anderer Art untergeben ist, so gewiß auch sein Untergang bezweckt ist, und sein Körper auf dieselbe Weise in das allgemeine Naturleben zurückgegeben wird, als der Leib anderer organisirter Wesen, so gewiß er endlich seine eigenen Zwecke nicht fördern kann, ohne die Existenz manchfacher Organismen (Hausthiere, Culturpflanzen) zugleich zu fördern, so ist doch seine Existenz wohl als der vornehmste Zweck der jetzt lebenden irdischen Schöpfung zu bezeichnen.

Jedoch sey dieß nur beiläufig gesagt. Es kommt uns hier mehr darauf an, nachzuweisen, in welcher Art der Zweckbegriff sich überall in der Lebenslehre geltend machen darf. Die Existenz der Thiere wie des Menschen, die Dauer ihrer Arten durch Jahrtausende, berechtigen uns, in ihnen wichtige Naturzwecke anzuerkennen, und wir können somit eine Auffassung, welche dem Menschen sein Egoismus schon ohne vieles Nachdenken an die Hand gibt, in gewissem Grade als gerechtfertigt betrachten.

Gehen wir nun davon aus, daß der Mensch, daß das Thier bestehen soll, so können wir allerdings die ganze Summe zusammenwirkender Momente, auf welchen jedes Leben beruht, als zweckmäßige Umstände betrachten und ihr Vorhandenseyn schon dadurch in gewisser Hinsicht erklärt finden, daß sie ja eben zur Erreichung eines anerkannten Naturzweckes erforderlich sind.

In diesem Sinne also ist uns irgend ein Punkt aus der Lebensweise, aus der Gestalt, aus der ganzen Organisation begreiflich, sobald wir sehen, wie derselbe sich förderlich zu der Existenz des Thiers verhält.

Hier liegt nun aber die merkwürdige Klippe, an welcher von jeher Unzählige, sowohl Naturforscher als auch Andere, mit ihren Ansichten hart angelaufen sind: die Gefahr nämlich, sich mit dieser teleologischen Aufklärung zu begnügen, sie für eine völlige Erklärung des Vorhandenseyns einer Sache zu halten, da doch das Vorhandenseyn derselben auf Ursachen und nicht auf Zwecken beruhen muß.

Diese Verwechslung des Zweckes (welcher einer Sache gleichsam als Rechtfertigung dienen kann) und der bewirkenden Ursachen ist schon seit so langer Zeit scharf gerügt worden und dennoch stets wieder begangen, daß wir nicht nur auch hier nochmals ein Wort dagegen zu sagen für völlig passend halten, sondern auch auf die Quelle dieses hartnäckigen Mißverständnisses hinweisen wollen. Wir dürfen allerdings nicht glauben, daß wir das Irrthümliche an sich klarer und eindringlicher auseinanderzusetzen vermöchten, als das von den trefflichsten Denkern geschehen ist. Die Bezeichnung der Quelle aber, aus welcher der Irrthum fließt, ist allerdings häufig vernachlässigt worden und könnte deßhalb vielleicht von Nutzen seyn.

Es zeigt sich bei einiger Ueberlegung leicht, daß dieser Irrthum nur ein Rest einer

Naturauffassung ist, welche bei Ungebildeten sich viel entwickelter findet und auf früheren Stufen der menschlichen Bildung auf's Innigste mit den religiösen Vorstellungen verwachsen war.

Wir werden nämlich so lange uns schon durch den vermeintlich erkannten Zweck eines Dinges oder Vorganges über seine Existenz völlig aufgeklärt glauben, als wir noch keine Vorstellung von dem ausnahmslosen Wirken der Naturgesetze haben, so lange wir überall das willkürliche Einwirken höherer Mächte zu sehen vermeinen. In einer Zeit, wo der Blitz und Donner unmittelbar aus Jupiter's Hand kam, wo Aeolus nach Belieben die Winde entfesselte, Phöbus treulich seine Bahn am Himmel durchmaß, jede Quelle aus der Urne einer kleineren Gottheit entströmte, da konnte freilich der Sterbliche sich höchstens erkühnen einen Zweck dieser Erscheinungen zu errathen; Güte oder Zorn der Götter verrieth sich in den Erscheinungen der Natur; woher die Götter die Macht, woher sie den Stoff zu ihrem Wirken nähmen, das war kaum zu fragen erlaubt. Ja wo eine solche Frage etwa entstand, da erhielt sie eine Antwort, welche nur des Fragers spottete: der Blitz, welchen Jupiter schleuderte war ihm von einem andern Gotte geschmiedet!

Solche gemüthliche aber wissenschaftlich rohe Auffassung der Vorgänge in der Natur hat bei allen Gebildeten längst der Anerkennung von Naturgesetzen Platz machen müssen: die Bewegung der Gestirne, die meteorologischen Erscheinungen an der Erde sind theils auf das Genaueste auf bestimmte Gesetze zurückgeführt, theils wenigstens zweifelt man nicht daran, ihre Gesetze erforschen zu können; man ist überzeugt, daß nur die Lücken der bisherigen Beobachtung die Ursache sind, wenn irgendwo noch die Gesetzlichkeit nicht Punkt für Punkt im Einzelnen hat nachgewiesen werden können. Daher kann dann auch kein gebildeter Mensch mehr durch die verehrende Betrachtung der Weisheit und Güte des Schöpfers sich über die Untersuchung der Gesetze hinweg setzen wollen, welche in die Natur gelegt worden sind, nach welchen Alles in wundervoller Harmonie sich fort und fort vollzieht.

Dieselben Ursachen, welche es haben bewirken können, daß einst in so großer Ausdehnung über der Erkenntniß des Zweckes die Frage nach der Causalität vergessen wurde, bewirken es nun auch heutigen Tages noch, daß dieß gar häufig auf dem Gebiete des organischen Lebens geschieht. Der Complex bewirkender Ursachen, durch welchen das organische Wesen entsteht, ist so höchst verwickelt, daß uns hier noch immer die Analyse an vielen Punkten vollständig im Stiche läßt. Da ist es nun natürlich, daß die ferne liegende Hoffnung einer solchen Aufklärung gar leicht ganz in den Hintergrund tritt, um so mehr, als die Frage nach dem Zwecke nicht nur manchfach leicht zu beantworten ist, sondern in ihrem Interesse auch noch durch den Egoismus erhöht wird.

Ist man sich aber klar darüber geworden, was die teleologische Naturbetrachtung leistet und was nicht, so wird man sich auch ohne Gefahr derselben überlassen können. Man wird dann bei den meisten Gelegenheiten die beiden Fragen sich neben einander stellen: wie dieß oder jenes zu Stande komme (Causalcomplex) und was der Zweck davon sey. Die Beantwortung jeder der beiden Fragen wird ihr besonderes Interesse haben.

Denken wir uns z. B., daß einem Anatomen, welcher mit dem Bau der Wirbelthiere übrigens wohl bekannt wäre, aber noch nie einen Vogel gesehen hätte, ein Vogelskelett vorgelegt würde. Es würde ihm die Aehnlichkeit dieses Skelettes mit denen der übrigen Wirbelthiere bald klar werden, und er würde z. B. in den Flügelknochen ein ganz ähnliches System wiederfinden, als ihm von den Vorderextremitäten von Säugethieren und Reptilien schon bekannt wäre. Diese Entdeckung würde für ihn, ganz abgesehen davon, ob er den Zweck dieser Glieder erriethe, ein selbstständiges Interesse haben. Denn er würde daraus schließen, daß der Causalcomplex, welcher die Entstehung eines solchen Thieres bewirkte, dem Causalcomplexe ähnlich seyn mußte, welcher sich in der Entstehung anderer Wirbelthiere geltend macht. Das wäre also eine Aufklärung von dieser Seite, so weit die Wissenschaft sie jetzt zu geben vermag, da eine nähere Bezeichnung, eine Analyse der wirksamen,

productiven Momente selbst noch nicht geleistet werden kann. — Eine ganz selbstständige Aufgabe daneben wäre nun aber die Ermittlung des Zweckes, welcher denn auch wohl aufgefunden werden möchte, wenn man einen Flügel mit seiner Federbekleidung vor sich hätte, die zum Fluge dienenden Muskeln u. s. w. damit vergleichen könnte.

Da nun aber in der Natur Alles im nothwendigen Zusammenhange geschieht, jedes Ding der Erfolg gewisser Bedingungen ist, selbst aber wieder bedingend auf andere einwirkt, so fallen die Fragen nach dem Zwecke einer Sache und nach der bewirkenden Ursache einer andern gar nicht selten mehr oder weniger zusammen: so die Frage nach dem Zwecke der Magendrüsen und die nach der Ursache der Verdauung, die Frage nach dem Zwecke des Herzens und gewisser Einrichtungen des Gefäßsystems mit der Frage nach der Bewirkung des Blutkreislaufes. Hier scheint der Unterschied der beiden Arten der Frage ein ganz unwichtiger zu seyn, da man dieselbe Antwort erhält, wenn man die eine Frage an das Herz, oder die andere an die Blutbewegung richtet.

In der That würde die Unterscheidung der beiden Fragen mit dem Fortschritte der Wissenschaften immer mehr praktisch gleichgültig werden, wenn sich Ursache und Wirkung in der Natur immer so einfach zu einander verhielten, daß die Wirkung des einen immer ganz in der Bewirkung des andern aufginge, und umgekehrt die Bewirkung des einen wieder ganz und ausschließlich auf irgend einer einfachen Einwirkung beruhete, wie ein Stoß sich durch eine gradlinige Reihe gleicher Kugeln fortpflanzt. Diese Einfachheit der Verhältnisse findet aber nicht Statt. Das Herz z. B. und die Arterien bewirken zwar die Bewegung des Blutes, aber sie haben noch außerdem andere, wenn auch weniger wichtige Wirkungen; die Bewegung des Blutes schreibt sich zwar hauptsächlich vom Herzen und den Arterien her, aber sie erleidet auch noch von anderen Seiten her Nebeneinwirkungen. —

Die sog. teleologische Naturbetrachtung, welche hiernach innerhalb gewisser Gränzen ausführbar und gerechtfertigt erscheint, ist nun aber, wie gesagt, von vielen Seiten ein Gegenstand der Verdächtigung und des Spottes geworden. Dieß beruht theils auf dem vorhin angedeuteten Mißverständnisse ihres Werthes, welchem entgegen zu treten man allerdings Ursache hatte, theils auf einigen Schwierigkeiten der consequenten Durchführung des teleologischen Princips. Außerdem finden sich aber auch zuweilen Verhöhnungen teleologischer Auffassungen, welche mehr auf fader Spottsucht und Mangel an consequentem Denken, als auf irgend etwas Anderem beruhen.

Wir wollen übrigens anerkennen, daß die Frage nach dem Zwecke der Dinge leicht wunderlich erscheinen kann, wenn sie stets fortschreitend endlich zu einer Frage nach den letzten Zwecken der Schöpfung wird. Dieß kann uns aber nicht abhalten, innerhalb engerer Grenzen, innerhalb des Naturgetriebes, so weit wir es übersehen, die Frage dennoch zu stellen.

Außerdem können wir auch nicht leicht die Wirkungen irgend einer Veranstaltung völlig übersehen. Wir erschöpfen dieselben keineswegs damit, daß wir irgend eine einzelne Wirkung auffinden und diese als ihren Zweck bezeichnen. Daher können leicht halbwahre teleologische Deutungen entstehen, welche einer weitern Erkenntniß zu weichen haben. Damit ist aber nichts gegen das Princip gesagt und für Den, welcher sich der Gränzen seines Erkenntnisses bewußt bleibt, sind auch solche halbe Deutungen kein Unglück. Ich erfreue mich daran, einzusehen, welche Wirkungen die Sonne im Planetensysteme vollzieht, welche sie auf die Erde insbesondere hat. Sie bringt uns Wärme und Licht, sie setzt alles an der Erdoberfläche in Bewegung, sie gibt Leben. Wäre dieß weniger wahr, wenn etwa von dem höhern Standpunkte eines erhabenen geistigen Wesens diese Wirkungen noch als verschwindend klein gegen andere mir unbekannte erscheinen sollten? Es kommt wohl nur darauf an, daß man nicht fertig zu seyn sich einbilde, daß man nicht zu leicht glaube, Alles über den Zweck einer Einrichtung ermittelt zu haben; es kommt darauf an, daß man nicht zu sehr einen menschlich egoistischen Standpunkt bei der Betrachtung der Naturzwecke einnimmt, dann wird man gewiß keinen Spott verdienen, wenn man auch nur einen kleinen Theil der Wahrheit auffindet.

Es wird dem Teleologen selbst begegnen, daß der Zweck, welchen er irgend einer Einrichtung zuschreibt, gar nicht immer erreicht zu werden scheint. Da nun der Naturforscher nur von dem Thatbestande aus zu urtheilen hat, so könnte dieß für eine schlagende Widerlegung teleologischer Auffassung gehalten werden. Wir sagen mit dem besten Vertrauen, daß das Herz uns hauptsächlich geschaffen zu seyn scheine, um den Kreislauf des Blutes zu bewirken. Wenn aber eine Arterie verletzt wird, so bewirkt dasselbe Herz die Blutung, auch wohl Verblutung. Wir glauben es als den Hauptzweck der Eier bezeichnen zu dürfen, daß junge Thiere aus ihnen entstehen; aber unendlich viele Eier erreichen ja diesen Zweck nicht, dienen anderen Thieren zur Nahrung u. s. w. Diese Thatsachen verdienen ohne Zweifel anerkannt zu werden, wir müssen zugeben, daß sie die Geltung der Behauptung: dieß sey der Zweck des Herzens, jenes der Zweck des befruchteten Eies, beschränken. Denn wenn wir dieselbe absolut aufstellen wollten, so müßten wir daneben behaupten, daß diese Einrichtungen zuweilen *ihren Zweck verfehlten*. Eine solche Kritik der Schöpfung aber, daß wir irgend Etwas darin für verfehlt, für nicht beabsichtigt erklärten, steht dem menschlichen Geiste nicht zu. Derselbe muß vielmehr annehmen, daß ein solches scheinbares Mißlingen wieder das Vollziehen eines andern Naturzweckes ist. Auch sehen wir ja gar wohl ein, daß die thierischen Individuen nicht bloß erhalten werden, sondern auch untergehen sollen, daß der Keim des Todes in ihnen liegt, daß sie auf tausendfältige Weise an der Außenwelt sich aufreiben und daß eben nur hierdurch das Leben, so wie es ist, möglich wird.

Wir werden somit sagen müssen, daß alle Urtheile, welche bestimmten Einrichtungen der Natur bestimmte Zwecke zuschreiben, nur eine bedingte Wahrheit ansprechen können. Aber eine bedingte Wahrheit ist keine Unwahrheit und somit mögen wir immerhin, auf die Thatsache gestützt, daß gewisse Erscheinungen und Bildungen in der Natur immer wiederkehren und regelmäßig gewisse Wirkungen zur Folge haben, uns erlauben, von Zwecken und Mitteln in der Natur zu reden. Wir mögen es als einen einleuchtenden Beweis der Paßlichkeit einer solchen Auffassung ansehen, wenn wir bemerken, daß so viele Vorgänge in der Natur, namentlich die Entwicklung und das Leben der Thiere, auf äußerst verwickelten Voraussetzungen beruhen, dennoch aber regelmäßig geschehen, also, um es ganz menschlich zu sagen, wohl mit vieler Genauigkeit in der Natur vorgesehen seyn müssen.

Nur nachdem wir uns auf solche Weise eine Grundlage für die teleologische Naturbetrachtung bereitet haben, können wir dann auch frei seyn von der Aengstlichkeit, mit welcher sich Manche „vermuthend" über die Zwecke gewisser Einrichtungen aussprechen. Wenn wir sehen, daß eine bestimmte Einrichtung eine gewisse Wirkung zur nothwendigen Folge haben muß, so haben wir nur die Wahl, entweder die Voraussicht in der Schöpfung zu läugnen, oder anzuerkennen, daß die Wirkung der Zweck oder einer der Zwecke der Einrichtung sey. Zufälligkeiten hat man entweder immer oder gar nicht anzunehmen. — Was wir meinen, wird an einem Beispiele deutlicher werden. Wir wählen eins unter manchen, welche uns aufgestoßen sind, weil es uns eben gegenwärtig ist. Der Vorwurf richtet sich also keineswegs ganz besonders gerade gegen diesen einzelnen Fall. Die menschliche Physiologie zeigt, daß die Respiration bei dem weiblichen Geschlechte mehr durch Bewegungen des obern Theiles der Brust bewirkt wird, als bei den Männern. Nun ist es sogleich klar, daß jene Beweglichkeit des obern Theiles des Brustkorbes, welche der Kraft der obern Extremitäten wohl etwas nachtheilig seyn mag (worin die Erklärung liegt, weßhalb das männliche Geschlecht diese Einrichtung nicht theilt), andererseits zu einem großen Gewinne des weiblichen Geschlechtes für den Zustand der Schwangerschaft ausschlagen muß. Denn die Erweiterung der Brust in ihrem untern Theile (durch Absteigen des Zwerchfells) setzt stets eine wechselnde Verschiebung des Inhalts (der Eingeweide) der Bauchhöhle voraus, welche durch die Last des hochschwangern Uterus sehr erschwert werden würde. Da nun dieser Vortheil mit Nothwendigkeit aus dieser Einrichtung hervorgeht, so ist auch nicht der leiseste Zweifel zulässig, daß wir ihn als den Zweck oder einen der Zwecke derselben bezeichnen dürfen. Es

ist hiefür völlig indifferent, ob später etwa noch mehrere und vielleicht selbst wichtigere Zwecke jenes Mechanismus aufzufinden seyn werden. Deßhalb ist es auch nur Folge von Unklarheit des Denkens, wenn Hutchinson in seiner Schrift über die Capacität der Lungen, jenen Umstand erwähnend, sich mit einer gewissen Zweifelhaftigkeit über den erwähnten Zweck der Einrichtung bei dem weiblichen Geschlechte ausspricht. Wodurch soll ein solcher Zweifel wohl gehoben werden? Erwartet man etwa noch besondere Offenbarungen über die Intentionen der Schöpfung? Der Thatbestand ist es, auf welchen wir uns stützen, und dieser genügt. Wollen wir überhaupt von Zwecken in den Natureinrichtungen reden, so muß es auch in einem solchen Falle nicht heißen, die vorliegende Einrichtung, welche die Erreichung eines gewissen Vortheils zur Folge hat, möge denselben etwa zum Zwecke haben, sondern sie hat ihn ganz gewiß.

So kann auch nur, wer den Zweckbegriff überall ausstreicht, einen Zweifel hegen, daß die Empfindlichkeit der Haut, die Fähigkeit ihrer Nerven, Schmerz zu empfinden, zum Schutze für den Körper bestimmt ist. Denn sie leistet diesen Schutz wirklich. Und wenn man etwa dagegen einwendet, diese Empfindlichkeit finde sich nur deßhalb auf die Oberfläche des Körpers beschränkt, weil die nicht oberflächlichen Theile ja doch nicht in der Lage wären, als Sinneswerkzeuge gebraucht zu werden, so begeht man dabei lediglich den Fehler, zu glauben, daß die eine Ansicht die andere ausschließe.

Denn das ist eine der wichtigsten und dennoch oft vernachlässigten Regeln, daß wir nie einen Zweck einer Einrichtung deßhalb läugnen dürfen, weil wir noch andere daneben erkennen. Es gilt hier keineswegs, daß man nicht zweien Herren dienen könne. Die Theile unseres Körpers vermögen das sehr wohl.

Ebenso wenig wird uns das Vorhandenseyn eines Zweckes bei einer bestimmten Einrichtung dadurch zweifelhaft, daß derselbe in einem Falle als sehr wesentlich erscheint, in einem andern nicht. Wenn wir (wie an seinem Orte gezeigt werden wird) einsehen, wie innig das Eierlegen mit der übrigen Organisation der Vögel zusammenhängt, wie zweckmäßig es für ihre ganze Einrichtung ist, so verliert das von seiner Wahrheit nichts dadurch, daß es auch eierlegende Reptilien und Fische gibt, bei welchen das Eierlegen andere Beziehungen zum Leben haben muß. Das kann ja die Verhältnisse bei den Vögeln nicht abändern!

Wir dürfen auch hier noch einmal auf den Vergleich der physiologischen und physikalischen Wissenschaften zurückkommen. Sobald man in den letzteren sich von der Erforschung des Einzelnen zu einer höheren Uebersicht erhebt, wird ebenfalls die teleologische Auffassung uns ganz berechtigt erscheinen, und wir werden namentlich in der Erhaltung des organischen Lebens einen wichtigen Zweck der ganzen Natureinrichtung sehen dürfen. Man muß nur als sich von selbst verstehend voraussetzen, daß damit nichts erschöpft seyn soll. Wir wissen sehr wohl, daß Regen und Wind, Wechsel der Jahreszeiten, Bildungsproceß der Erdrinde u. s. w. der Entstehung alles Organischen lange vorhergingen, daß sie das Bestehen organischer Wesen überdauern können, und daß man auch jetzt nicht sagen darf, ihre Wirkung erschöpfe sich in der Erhaltung der organischen Natur. Kann uns das aber wohl hindern, die auf jenen allgemeinen Naturprocessen beruhende Existenz der Pflanzen und Thiere, die manchfaltige Weise, in welcher der Mensch sich aller dieser Umstände bemächtigt, als wichtige Zwecke anzusehen? daß wir aber bei Betrachtung des Bildungsprocesses der Erdrinde, der meteorologischen Vorgänge u. s. w. neben der Ueberzeugung von einer festen Gesetzlichkeit doch zugleich den Begriff der Zweckmäßigkeit aufzustellen vermögen, dieß möge man anwenden auf den Trugschluß jener, welche in den lebenden Wesen darum keine Nothwendigkeit sehen wollen, weil sie die Anerkennung der Absichtlichkeit, des Zweckvollen dadurch gefährdet glauben.

Während Einige principiell nicht unserer Meinung seyn werden, finden Andere vielleicht das eben Gesagte allzu einfach. Die Erfahrung lehrt aber leider, daß es nicht zu einfach ist, um nicht unendlich oft halb oder ganz mißverstanden zu werden.

Nachdem wir nun im Allgemeinen eine Ansicht gesucht haben über die Grundlagen des Daseyns der Organismen, über das Verhältniß der in ihrer Existenz sich offenbarenden Kräfte zu den allgemeinen Naturkräften, so wie über die Anwendbarkeit des Zweckbegriffes in der Naturforschung, werfen wir einen Blick auf die wesentlichsten Organe des thierischen Leibes, ihre Anordnung und Thätigkeiten.

Die Zersetzbarkeit der thierischen Substanzen hat, wie wir schon sahen, eine stets fortschreitende Zersetzung zur Folge. Diese kann zwar auf ein sehr geringes Maaß hinabgedrängt werden, wie wir an winterschlafenden Thieren sehen; aber das geschieht dann nur auf Kosten der Lebensthätigkeit. Sie sinkt und steigt offenbar im Allgemeinen mit der Lebhaftigkeit der Lebensäußerungen.

Dieses in den speciellen Kapiteln über Ernährung, Ausscheidung u. s. w. näher zu begründende Verhältniß ist von der höchsten Wichtigkeit. Wir sehen darin nämlich eine Doppelbeziehung: wir nehmen einerseits an, daß die Lebhaftigkeit der Lebensthätigkeiten, z. B. der Muskelanstrengungen, auf gewissen Zersetzungsprocessen beruht, daß der Muskel nur thätig seyn kann, indem Zersetzung in ihm geschieht, daß die Muskelthätigkeit eine Erscheinung des chemischen Processes in dem Muskelfleische ist.

Andererseits aber sind eben diese Thätigkeiten der Muskeln, des Nervensystems, indem sie im Verlaufe des thierischen Lebens hauptsächlich auf Erwerbung des Nahrungsstoffes gerichtet sind, auch die Mittel, um die Verluste, welche die Zersetzung herbeiführt, wieder auszugleichen, so daß durch dieses gegenseitige Bedingtseyn der Grund zu einem richtigen Verhältnisse zwischen Einnahme und Ausgabe des thierischen Organismus gelegt ist.

Als verbindendes Glied zwischen der im Muskel- und Nervensysteme vorgehenden Zersetzung und der Aneignung neuer Nahrung, bedarf der Körper aber eines Organsystems, welches diese Nahrung auf eine solche Weise bereitet, daß sie von jenen Theilen aufgenommen werden kann.

Auflösung der festen Nahrungsstoffe und Verbreitung des Aufgelösten durch alle Theile, welche der steten Ernährung bedürfen, nebst der Entfernung der Zersetzungsprodukte, sind die Aufgaben dieses Apparates.

Dieß ist die Hauptgliederung der Theile des thierischen Körpers, insofern sie auf dessen individuelle Existenz zu beziehen sind. Man bezeichnet die beiden großen Organgruppen als animalische und vegetative Organe, weil die Function der einen, welche die bewegenden und empfindenden Organe begreift, dem Thiere entschiedener eigenthümlich ist, während die anderen Thätigkeiten vollziehen, welche denen der Pflanzen ähnlicher sind, wenn sie auch stets, und namentlich bei den höheren Thieren, durch manche bestimmte Charaktere sich davon unterscheiden.

Die Thätigkeit der animalischen Organe ist nothwendig der Außenwelt zugekehrt. Das Thier nimmt die Gegenstände wahr, von welchen es umgeben ist, erkennt diejenigen, welche in näherer Beziehung zu ihm stehen, sey es eine vortheilhafte oder nachtheilige, und sucht demgemäß dieselben oder meidet sie. Es wirkt auf die Gegenstände, welche ihm dienen sollen, in bestimmter Weise, stets durch die sinnliche Wahrnehmung geleitet, übergibt sie namentlich als Nahrung der Einwirkung der vegetativen Organe.

So versteht es sich, daß die animalischen Organe im Allgemeinen den äußeren Theil, die Rindenschicht des thierischen Leibes bilden und die vegetativen Organe in ihrem Innern beherbergen müssen, so daß die letzteren nur durch Vermittlung der ersteren mit der Außenwelt in Verkehr treten, sey es, daß sie an dieselbe etwas abzugeben oder etwas von derselben zu empfangen haben.

Der thierische Körper wird aber bei seiner fortwährenden Zersetzung und Ernährung nicht bloß stets so erhalten, wie er einmal gegeben ist; es tritt die neue Substanz, welche Bestandtheil seiner Organe wird, nicht ganz genau in die Rolle des Aufgelösten ein, sondern der Körper ändert sich allmälig. Diese Veränderungen sind auch für eine kurze Zeit der

Beobachtung schon auffallend, wenn wir die ersten Entwicklungsstufen eines Organismus beachten; die Gewebe, ihre Consistenz und Art, die Organe, die Dimensionen des Körpers ändern sich rasch. Der Körper entwickelt sich. Allmälig werden diese Erscheinungen weniger auffallend und der Körper, welcher seine vollen Dimensionen erlangt hat, bleibt, verhältnißmäßig zu seiner totalen Dauer, längere Zeit sich selbst sehr ähnlich. Doch ist auch dieses kein vollständiges Gleichbleiben; wir finden ihn nach längerer Zeit merklich verändert; die Jahre gehen nicht ohne Spur an ihm vorüber, und es tritt allmälig wieder eine Abnahme mancher Functionen ein, bis zuletzt der Tod die Kette der Thätigkeiten, welche mit der Befruchtung des Eies eingeleitet war, beendigt.

Wir sahen schon vorhin, bei Betrachtungen über das Ei, wie die Ursache dieser Veränderungen von einem dichten Dunkel umhüllt ist. Wir nehmen hier die Veränderungen als gegeben hin und wenden uns an die Zukunft mit der Hoffnung, daß im Fortschritte der Wissenschaft sich für dieselbe einst ein eben so einfacher Ausdruck finden wird, wie wir ihn für jene anderen Wandelungen im Körper in der Zersetzbarkeit der organischen Substanz besitzen *).

Wie es nun einmal ist, konnte die lebende Thierschöpfung nicht anders auf die Dauer erhalten werden, als dadurch, daß an die Stelle der absterbenden Individuen neue gesetzt wurden. Diese Function ist neben denen der individuellen Existenz den Thieren jeder Art gegeben, so daß aus ihnen hervor, und bis zu einem gewissen Grade von ihnen ernährt, eine Nachkommenschaft derselben Art erwächst.

Diese Erscheinungen werden durch Organe möglich, welche zwischen die der individuellen Existenz eingeschaltet und auf deren Kosten mit erhalten, in ihren wesentlichsten Wirkungen über die Grenzen des Individuums hinausreichen. Dabei sind sie jedoch auch mit dem Leben des Individuums, an welchem sie sich befinden, innig verknüpft, nicht nur, insofern sie von demselben erhalten werden, sondern auch indem sie auf dessen Neigungen, Thätigkeiten, Wohl- oder Uebelbefinden mächtig bestimmend einwirken und dasselbe durch Gefühle geschlechtlicher Bedürfnisse zu mancherlei Thätigkeit bestimmen.

Auch an diesen Organen lassen sich meist zwei Hauptclassen unterscheiden, solche, die zu unmittelbarer Wechselwirkung mit der Außenwelt, namentlich mit anderen Individuen, bestimmt sind, und solche, die meist im Innern des Organismus gelegen, zur Bildung der Zeugungsstoffe, zur Aufnahme oder Ausführung derselben, zu besonderen Einwirkungen auf dieselben bestimmt sind.

Wenn der eine Grundzug, daß die Organe des animalischen Lebens als eine Hülle die vegetativen Organe umgeben, sich sehr durchgreifend durch die Thierreihe zeigt, so ist dabei doch noch eine große Manchfaltigkeit näherer Bestimmungen, der Anordnung der Organe und der Gesammtform des Körpers, welche auf dieser Anordnung beruht, im Thierreiche dargestellt.

Wo wir an den Thieren etwas mehr als die Gliederung in eine äußere animalische und innere vegetative Schicht erkennen können, da treten in der ersteren zunächst das **Nervensystem** und **Bewegungssystem** erkennbar auf. Das erstere läßt eine Gliederung in Centraltheile (Ganglien) und in Nerven wahrnehmen; das letztere ist in seinen entwickelteren Formen durch Muskeln dargestellt, welche durch Veränderung der Körperform auf die Verhältnisse des Körpers zu seiner Umgebung einwirken. Bald erscheint diese Wirkung als Ortsbewegung des Thieres selbst, bald als Bewegung und Bearbeitung anderer Objecte. Die Veränderungen der Körperform sind bald mehr allgemein und gleichförmig über den Körper verbreitet, bald treten sie mehr in einzelnen Theilen hervor. Zu diesem Zwecke

*) In dieser Beziehung war z. B. der Gedanke schön, die allmälige Veränderung des Körpers von einer stets fortschreitenden Oxydation herzuleiten, wenn er auch sonst nicht zu vertheidigen ist.

sind häufig ganz besondere Organe, Extremitäten, von dem Leibe des Thieres mehr oder weniger ausgestreckt. Nicht selten sind auch die Actionen des Muskelsystemes noch durch besondere feste Theile, Skelettheile, vermittelt, an denen dann jene contractilen Gewebe einen Insertionspunkt finden.

Am Nervensysteme treten ziemlich allgemein in der Thierreihe, auch bei den niedrig stehenden Formen, noch besondere Sinneswerkzeuge auf, durch welche die Beziehungen der Einzelwesen zu ihrer Außenwelt manchfaltiger werden, durch welche der Kreis der Wahrnehmungen über die Gränzen des Körpers hinaus sich erweitert, indem nicht bloß die Gegenstände, welche den Körper unmittelbar berühren, sondern auch entferntere durch die Licht- oder Schallwellen, welche von ihnen ausgehen, zur Einwirkung auf denselben gelangen.

Die Grundlage der vegetativen Organe bildet die innere Höhle des Körpers. Nur in einigen Fällen und nur bei den niederen Thierformen aber ist dieselbe ohne Weiteres der Sitz jener manchfachen Processe der Ernährung. Meistens zeigt sich in ihr ein selbstständiger, von besonderen Wandungen umgebener Darm zur Verarbeitung der Nahrungsmittel. In seiner geringsten Entwicklung erscheint derselbe als ein kurzes cylindrisches Rohr, dessen eine, innere, Oeffnung frei mit der Leibeshöhle communicirt, während die andere äußerlich gelegen ist und unmittelbar zur Aufnahme von Nahrungsmitteln dient. Auch in manchen anderen Fällen, wo bereits der Darmkanal vollkommen abgeschlossen von der Leibeshöhle ist, findet sich nur eine einzige solche Oeffnung, ein Mund, während bei der größeren Mehrzahl der Thiere, in den höheren Abtheilungen ganz constant, daneben noch eine besondere After- oder Cloaköffnung vorkommt die mit dem hintern Theile des Darmes in Verbindung steht und die Speisereste aus dem Körper entfernt, zugleich aber auch noch häufig von nahe liegenden drüsigen Gebilden zur Ausführungsöffnung benutzt wird. Besitzt ein Thier nur eine einzige äußere Mündung der Darmhöhle, so muß natürlich in dieser die Function der Aufnahme und Ausstoßung vereinigt seyn, wenn anders man nicht annehmen will (wie es hie und da geschehen und auch besonders für die afterlosen Eingeweidewürmer nicht ganz unwahrscheinlich ist), daß die eingenommenen Nahrungsmittel in ihrer ganzen Masse verdauet werden. Zu bemerken übrigens ist noch der Umstand, daß da, wo ein besonderer Darm vollkommen fehlt, auch eine Mundöffnung sehr häufig vermißt wird. In solchen Fällen dient die äußere Leibesfläche zur Aufnahme von Nahrungsstoffen, die dann natürlich auch die zu einer derartigen Resorption nothwendige flüssige Form haben müssen. Oder es dringen vielleicht gar, wie man neuerlich an einem Infusionsthiere (Actinophrys sol) beobachtet haben will, feste Nahrungsstoffe an beliebigen Stellen in die Substanz des Körpers, die dann darin verdaut werden, während die Reste sich ebenso wieder einen Weg nach Außen zu bahnen haben. Wo sich mehr als zwei Oeffnungen der Darmhöhle nach Außen finden, was auch nur in der Nähe der Hauptöffnungen vorkommt, da sind diese überzähligen für die Function des Darmsystems nicht unmittelbar bedeutend. Dahin gehören die Nasenöffnung der luftathmenden Wirbelthiere und Myxinoiden, die Kiemenöffnungen der Fische.

Zwischen zwei Oeffnungen ausgestreckt, nimmt das Darmsystem die Form eines Canales an. Verschiedene Abtheilungen desselben unterscheiden sich an Weite und Bau; besondere Drüsenapparate sind an bestimmten Stellen angebracht, und so gliedert sich auch dieser Canal in solche Gegenden, welche der Einführung, der mechanischen und chemischen Vorbereitung, der Auffaugung, der Aufhäufung und Ausscheidung des überflüssigen Restes bestimmt sind.

Die Verbreitung des Nahrungsstoffes im Körper geschieht in den höheren Thierformen durch ein eigenes Blutgefäßsystem, welches mit seinen feinsten Canälchen alle Organe durchdringt, den Nahrungsstoff sowohl den animalischen als vegetativen und Geschlechtsorganen zuführt und mit bewegenden Kräften versehen ist, welche das Blut im Kreislaufe erhalten. In den niederen Thieren ist das Blutgefäßsystem in geringerer oder

größerer Ausdehnung lückenhaft. Oft findet sich allein als Motor der Blutbewegung ein contractiles Herz, aus dem dann das Blut unmittelbar in die Leibeshöhle ergossen wird, wo es frei zwischen den einzelnen Organen sich umherbewegt. In manchen Fällen fehlt selbst alle Spur von Gefäßen, auch das Herz.

Wo übrigens ein besonderes Blutgefäßsystem vorkommt, stellt es dann auch den functionellen Zusammenhang der übrigen Organe des Körpers mit denjenigen Organen her, welche den wichtigen Ausscheidungen dienen. Die zersetzten Stoffe verlassen den Körper besonders in der Form von Kohlensäure, von Wasser, und von stickstoffhaltigen Excreten. Für die Entleerung der letzteren dienen die sogenannten Nieren, während die Kohlensäure durch die Athmungsorgane ausgeschieden wird. Manche niedrige Thiere scheinen freilich eigentlicher Nieren zu entbehren. Wenigstens ist es bisher bei ganzen Gruppen derselben noch nicht gelungen, jene eigenthümlichen Zersetzungsprodukte in den Secreten irgend eines drüsigen Gebildes nachzuweisen, die den Harn der übrigen Thiere charakterisiren. Möglich ist es, daß in solchen Fällen die stickstoffhaltigen Excrete unter einer andern Form, als gewöhnlich, oder allmälig in Minimalgrößen durch die Haut nach außen geschafft werden. So viel wenigstens läßt mit Gewißheit sich vermuthen, daß das gesammte Getriebe der Ernährung überall durch eine Ausscheidung der verbrauchten Stoffe geregelt werden müsse.

Fig. 4.



Gehirn und Rückenmark des Menschen, mit den davon ausgehenden Nerven. (Gehirn von unten, Rückenmark von vorn.)

Die gegenseitige Lagerung aller dieser Organe ist eine manchfaltige, und gewisse Verschiedenheiten derselben sind für die größeren Abtheilungen des Thierreichs bezeichnend.

Bei sämmtlichen Wirbelthieren ist die Hauptmasse des centralen Nervensystemes in der Rückenwand gelagert. Sie ist seitlich symmetrisch gebildet, so daß die linke Seitenhälfte das Spiegelbild der rechten ist, oder umgekehrt.

Das vordere, d. h. dem Mundende des Darmrohres entsprechende, Ende dieser Nervenmasse ist bei allen Wirbelthieren (außer dem Branchiostoma lubricum) eigenthümlich entwickelt. Es bildet das Gehirn der Wirbelthiere und den Ausgangspunkt für die Nerven des Geschmackes, Geruches, Gesichts und Gehöres. Die Sinnesorgane, zu welchen diese Nerven gehören, sind in der Umgebung des Gehirnes, vor-, unter und seitlich von demselben gruppirt. Das Gehirn, diese Sinneswerkzeuge, der dazu gehörende

Fig. 5.



Schema eines Säugethiers.

a. Andeutung des Gehirnes,
b. „ des Rückenmarkes,
c. „ der Mundhöhle,
d. „ der Luftröhre,
e. „ der Lunge,
f. „ des Herzens,
g. „ der Darmwindungen,
h. „ der Leber.

Knochen- und Muskelapparat, das vordere Ende des Darmrohres nebst seinen Muskeln, Knochen und Drüsen bilden zusammen den Kopf der Wirbelthiere.

An diesen schließt sich der übrige Theil des Körpers zunächst als Rumpf an. Die Abtheilung des centralen Nervensystemes, welche in ihm enthalten ist, heißt Rückenmark und ist meist von der Form eines langen Stranges, dabei jedoch länger oder kürzer, je nachdem der Körper lang oder kurz ist, manchmal auch im Verhältnisse zu diesem auffallend kurz (wie besonders bei Diodon und Orthagoriscus).

Mit den Centraltheilen des Nervensystemes in naher Berührung steht die wichtigste Abtheilung des Skelettes der Wirbelthiere. Wir finden nämlich unter dem Rückenmarke und nach hinten meist noch wesentlich weiter ausgestreckt, eine Reihe von sogenannten Wirbelkörpern, oder an deren Stelle einen Knorpelstrang, die sog. Rückensaite (Chorda dorsalis), oder Zwischenstufen zwischen beiden Formen, welche darin bestehen, daß in der nächsten Umgebung der Rückensaite, in den membranösen Hüllen, mit welchen sie bekleidet ist, sich Anlagen der Wirbelkörper gebildet finden, welche nach Innen, gegen die Chorda hin sich verdickend, dieselbe beengen, oder auch stellenweise verdrängen. (Näheres in dem Kapitel von der Bewegung).

Fig. 6.



Reihe der menschlichen Wirbel.

Von diesen Wirbelkörpern aus gehen Fortsätze, am regelmäßigsten nach oben, zur Umgebung des Rückenmarkes. Gewöhnlich besitzt jeder Wirbelkörper zwei solcher Fortsätze (Bogenschenkel), welche, an beiden Seiten des Rückenmarks aufsteigend, sich oberhalb desselben zu einem Dornfortsatze vereinigen. Dieser steigt dann zwischen den Rückenmuskeln bis an die äußere Haut auf. So gehen auch Fortsetzungen nach unten, welche sich entweder weit von einander entfernen, um die in der animalischen Kapsel gelegene Höhle für die vegetativen Organe zu umgeben (Rippen), sich auch wohl auf der Bauchseite wieder in der Mittellinie an ein Brustbein anzuschließen, oder sich mehr unter den Wirbelkörpern wieder mit einander zu einer nach unten gerichteten Spitze, einem untern Dornfortsatze vereinigen.

Fig. 7.



Wirbel.
a. Körper.
b. Dornfortsatz.

Diese aus zwei Wurzeln entstehenden Dornfortsätze finden sich häufig am Schwanze. Indem zwischen den Wurzeln eines jeden eine Oeffnung bleibt, bildet eine Reihe derselben zusammen einen unterbrochenen knöchernen Kanal, in welchem Blutgefäßstämme des Schwanzes laufen.

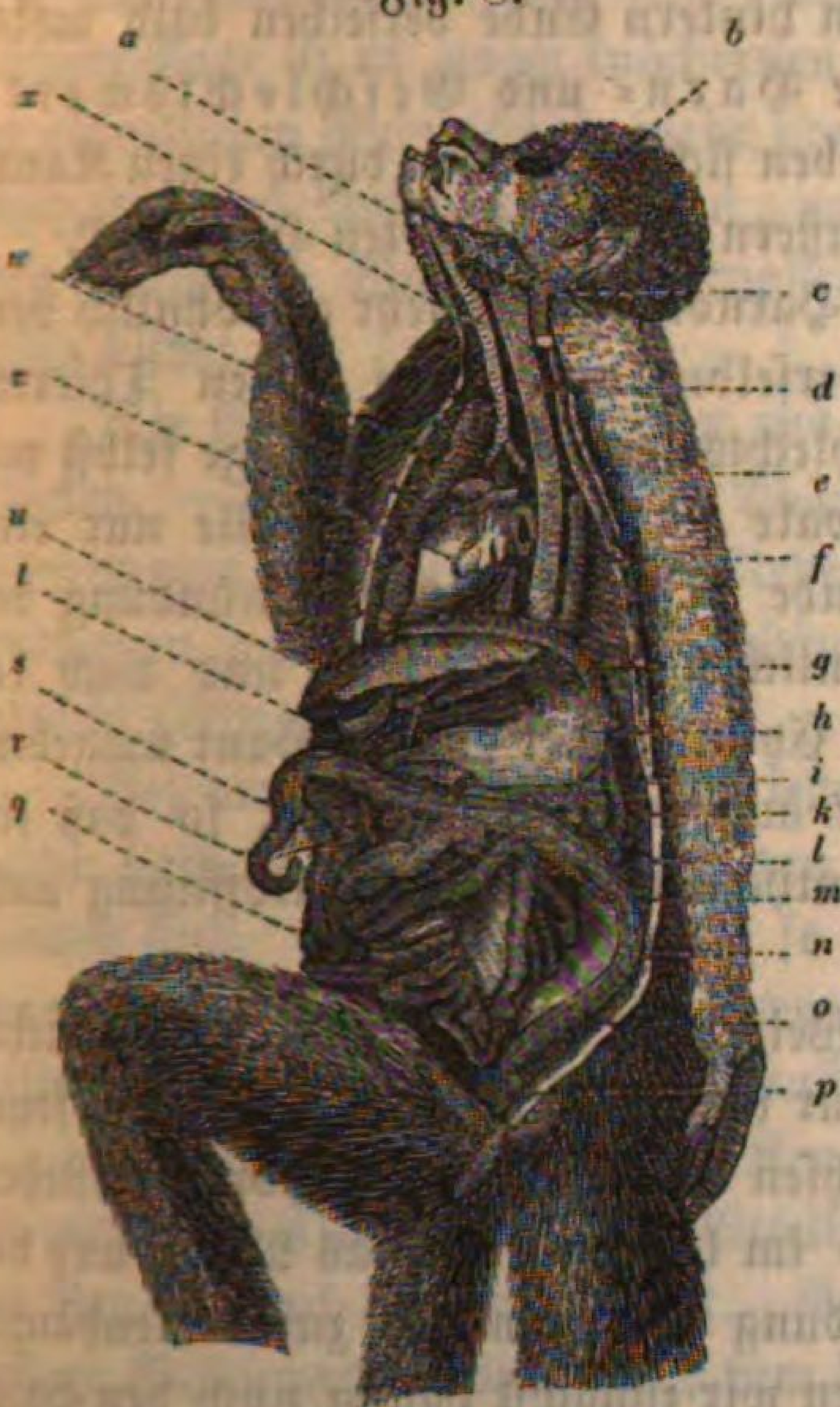
Im Innern des Rumpfes ist bei allen Wirbelthieren der Darmkanal nebst einigen zu ihm gehörigen Drüsen gelagert. Außerdem noch stets die Harn- und wenigstens ein Theil der Geschlechtswerkzeuge, das Herz und bei den Luftathmern die Lungen, bei vielen Fischen eine Schwimmblase.

Der Darmkanal durchläuft in seinen einfachsten Formen die Rumpfhöhle ohne starke Windungen vom Schlunde bis zum After. In den höheren Klassen aber, und am meisten bei den Säugethieren, finden wir ihn vielfach gewunden, so daß seine Länge die gerade Entfernung zwischen After und Schlund um ein Bedeutendes übertrifft.

Unter dem vordern Theile des Darmes, der sog. Speiseröhre, liegt bei den Luftathmern der Luftkanal, welcher nach vorn durch die untere Wand des Schlundes mit diesem zusammenhängt, nach hinten mit den Lungen verbunden ist, welche im vordern Theile der Rumpfhöhle liegen, oder auch noch von diesem aus mehr oder weniger in den hintern Theil der Höhle sich erstrecken, wobei sie sich der obern Wand desselben zu beiden Seiten der Wirbelsäule anlegen.

Bei den höheren Wirbelthieren (vollkommen ausgebildet nur bei den Säugethieren) findet sich hinter den Lungen, welche dann nur im vordern Theile des Rumpfes gelagert sind, eine Querwand, das Zwerchfell (Diaphragma), welche die Rumpfhöhle in eine Brust-

Fig. 8.



höhle (Cavum thoracis) und die Bauchhöhle (Cavum abdominis) sondert.

Das **Herz** liegt immer im vordern Theile der Rumpfhöhle; wo eine Brusthöhle vorhanden ist, in dieser. Bei den Fischen findet es sich in der untern Mittellinie hinter dem Kiemenapparate, und deßhalb gewöhnlich besonders weit nach vorn.

Die Bauchhöhle enthält den Magen oder die Mägen, d. h. den fast immer bedeutend erweiterten und durch seine Structur ausgezeichneten Theil des Darmes, in welchem die Verdauung geschieht. Erst auf diesen folgen dann die Windungen des Darmes, welche also im hintern Theile des Rumpfes sich ausbreiten. Nahe dem Magen liegen **Leber**, **Bauchspeicheldrüse** und **Milz**. Für alle diese Organe ist die **Form** insofern gleichgültig, als sie in einem Thiere von gedrungenem Leibe mehr in's Breite sich entwickeln, oder, was von den Gedärmen gilt, sich mehr schlängeln, während sie in einer langgestreckten Leibeshöhle ebensowohl eine dieser angemessene Form annehmen können. Zum Vergleiche mit der vorhin gegebenen Figur eines Affen geben wir hier die Eingeweide einer Schlange.

Fig. 9.



Fig. 8.

a. Unterkieferspeicheldrüse, *b.* Ohrspeicheldrüse, *c.* Schlund, *d.* Speiseröhre, *e.* Brustkasten, *f.* Aorta, *g.* Zwerchfell, *h.* Magen, *i.* Bauchspeicheldrüse, *k.* Milz, *l.* Nieren, *m.* Colon, *n.* Unterleib, *o.* Mastdarm, *p.* Harnblase, *q.* Dünndärme, *r.* Blinddarm, *s.* Colon, *t.* Gallenblase, *u.* Leber, *v.* Herz, *w.* Lungen, *x.* Luftröhre.

Fig. 9.

f. f. Luftröhre, *p. p.* Lunge, *p'* Lungenrudiment der einen Seite, *æ.* die Speiseröhre, oben geschlitzt, weiter hinab verschoben und durchschnitten (*æ'*) um das Herz zu zeigen, *i.* Magen, *i'* Darmwindungen. *cl.* Kloake, *f.* Leber, *o.* Eierstock, *o'* reife Eier desselben, *vt.* Herzkammer, *c. c'* Herzohren, *a' ag.* Aortenbögen, *a'* Vereinigung derselben, *ac. ac.* Kopfarterien, *vc.* Untere Hohlvene.

An der Rückenwand der Rumpfhöhle, und vom hintern Ende derselben bald mehr bald weniger weit nach vorn ausgestreckt, finden sich die Harn- und Geschlechtswerkzeuge. Nur bei einer Anzahl der Säugethiere verschieben sich die Hoden durch einen Kanal in der Bauchwand, aus dieser hinaus in den von der äußern Haut gebildeten Hodensack.

Die äußere Mündung der Geschlechtstheile und Harnorgane ist sehr gewöhnlich verbunden. Nur bei Fischen kommt eine Trennung derselben vor. Bei vielen Thieren, namentlich Vögeln und Amphibien, münden die Geschlechts- und Harnwerkzeuge selbst mit dem hintern Ende des Darmes in eine gemeinsame Cloake ein, welche für sie alle nur eine Oeffnung nach Außen besitzt. Eine frei hervorstehende Ruthe, als Ausmündung der Harn- und Geschlechtstheile, findet sich nur bei männlichen Säugethieren, und auch bei diesen häufig nicht frei hängend, von einem besondern Cylinder der äußern Haut umgeben, sondern zwischen der muskulösen Bauchwand und der äußern Haut gelagert, so daß ein eigentliches Hervortreten durch die der Spitze der Ruthe entsprechende Hautöffnung auch nur gelegentlich geschieht.

Der Körper der Wirbelthiere, der in solcher Weise aus Rumpf und Kopf besteht, bietet gar manchfache Formen dar, die sich übrigens nur im Zusammenhange mit den sogenannten Extremitäten, besonderen gegliederten Auswüchsen des Rumpfes, gehörig verstehen lassen, indem deren Fehlen oder Vorhandenseyn und im letztern Falle das Maaß und die Art ihrer Entwicklung auf das Innigste mit der Bildung des Rumpfes zusammenhängt. Zwischen dem eigentlichen Rumpfe und dem Kopfe finden wir zunächst häufig noch den Hals, welchen wir erst hier erwähnen, da er kein allgemeines Eigenthum der Wirbelthiere ist. Bei den Fischen ist es mindestens überflüssig und künstlich, einen solchen Theil vom Rumpfe unterscheiden zu wollen.

Wo ein Hals sich einigermaßen ausgebildet findet, ist er äußerlich als ein engerer, die Verbindung zwischen Kopf und Rumpf herstellender Theil kenntlich. Am Skelette finden wir hier meist Wirbel von abweichender, auf höhere Beweglichkeit hinzielender Bildung. Sie sind namentlich ohne Rippen, oder höchstens mit Rudimenten derselben versehen. Nur in einzelnen Fällen finden sich solche Abweichungen, daß zwar an der Rippenlosigkeit und anderen Formbestimmungen eine Anzahl von Wirbeln als Halswirbel erkannt wird, während der Zweck der Beweglichkeit dennoch aufgegeben ist. So ist es auffallend bei den Cetaceen. Der Rippenlosigkeit und Beweglichkeit des Halses angemessen ist es, daß wir an ihm die Organe der Ernährung und Athmung nur als Kanäle repräsentirt finden, welche den Zusammenhang zwischen der Mund- und Nasenhöhle einerseits und den mit der Verdauung und Athmung beauftragten Organen im Rumpfe andererseits herstellen.

Nach welchen Verhältnissen nun die besonderen Entwicklungen des Kopfes, Halses, Rumpfes sich abändern, welche Beziehungen derselben zu einander wir erkannt haben, wird im Kapitel von der Bewegung der Thiere besser zu besprechen seyn.

Ueber die Gegend der Rumpfhöhle und der hinteren Ausmündungen hinaus erstreckt sich die Wirbelsäule noch bei den meisten Wirbelthieren als Schwanz, eine kurze oder lange Reihe von Wirbeln. Die vorderen derselben sind oft noch vollständig gebildet aus Wirbelkörpern mit Bogen nach oben, zur Umschließung des Rückenmarks. Aber sie werden nach hinten allmälig kleiner, die oberen Bogen verlieren sich und das Ende des Schwanzes läuft (wenigstens bei Säugethieren und geschwänzten Reptilien in der Regel) in eine Reihe von dünnen Knochensäulchen aus, welche den bloßen Wirbelkörpern entsprechen.

Wo dieser Theil der Wirbelsäule einigermaßen entwickelt ist, findet sich an ihm ein kräftiger Muskelapparat zur Bewegung des Ganzen und der einzelnen Wirbel an einander.

An der beschriebenen Grundlage des Baues der Wirbelthiere finden sich nun noch als Auswüchse die Extremitäten, hauptsächlich zur Bewegung des Ganzen bestimmt. Ihr Bau und die Art ihrer Anheftung stimmen namentlich bei den höheren Wirbelthierklassen so sehr überein, daß wir zunächst über diese einiges Allgemeine angeben wollen.

Die Extremitäten sind hier stets paarig und höchstens in der Vierzahl vorhanden. Das vordere Paar ist an einem knöchernen oder knorpligen Gürtel befestigt, welcher den Anfang der eigentlichen Rumpfhöhle mehr oder weniger umgibt (Schultergerüst), das hintere findet dagegen seinen Ansatz am Becken, welches in seinem ausgebildetsten Zustande einen nach oben durch die Wirbelsäule vervollständigten Gürtel um das hintere Ende der Rumpfhöhle bildet.

Die Extremitäten bestehen aus mehreren festen, unter einander gelenkig verbundenen Stücken. — Diese sind nach den Abänderungen ihrer Hauptaufgabe: zum Gehen, Fliegen, Schwimmen und den etwaigen Nebenleistungen des Greifens, Grabens u. s. w. manchfach verschieden gestaltet und mit Anhängseln (z. B. den Federn) besetzt oder in Verbindung gebracht (Flughäute).

Bei den Fischen finden sich sehr gewöhnlich, groß oder klein, ein paar Brustflossen welche nach Art und Bau mit den Vorderextremitäten der übrigen Wirbelthiere zu vergleichen sind. Ein anderes, nicht so regelmäßig vorkommendes Paar ist auch zugleich in seinem Befestigungsorte wechselnder, nicht stets am Hintertheile des Leibes, sondern oft weiter nach vorn, selbst vor den Brustflossen gelagert.

Außer diesen paarigen Flossen finden sich aber noch sehr gewöhnlich bei den Fischen die unpaaren Flossen, von der Mittellinie des Rückens nach oben, am Schwanze nach hinten, am Bauche nach unten gerichtet. Andeutende Vorbilder derselben mag man in den kammartigen Bildungen (cristae) auf dem Rücken mancher Amphibien finden.

Als eines Grundgesetzes für die Anordnung der sämmtlichen erwähnten Organe des Wirbelthierkörpers muß nochmals hier der seitlichen Symmetrie Erwähnung geschehen. Alle paarigen Organe liegen an symmetrischen Stellen der rechten und linken Leibeshälfte, alle unpaarigen haben symmetrische rechte und linke Seiten.

Dieses Gesetz bewahrheitet sich, sobald man zu den frühesten Stufen der Entwicklung zurückgeht, und es ist deßhalb wichtig, es in seiner Allgemeinheit hinzustellen, wenn auch in der spätern Entwicklung die größeren Abweichungen davon, namentlich sehr allgemein in den vegetativen Organen des Körpers sich ausbilden. Ursprünglich ist die Leber symmetrisch in der Mittellinie entstanden, eben so die Milz; das Herz, der Darm waren zuerst einfache, in der Mittellinie verlaufende Canäle u. s. w. Seltner sind bedeutende Abweichungen in der Symmetrie der animalischen Organe. Leichte Andeutungen finden sich freilich z. B. in der Nase des Menschen, besonders wenn dieses Organ stark ausgebildet ist. Wir finden wohl eine Andeutung von Asymmetrie in der stärkern Entwicklung der rechten Extremitäten des Menschen, in dem meist links gebogenen Schwanze des Hundes, darin, daß das rohe Pferd stets nach einer Seite im Galopp anspringt u. s. w. — Andeutungen, welche durch genaue Beobachtung sich gewiß vervielfältigen ließen.

Stärker ist schon die Asymmetrie im Schädel vieler Walthiere, auch in der gewöhnlich einseitigen Entwicklung des Stoßzahnes des Narwal sich verrathend. Den höchsten Grad aber erreicht eine solche Abweichung unter den Fischen bei den Pleuronectes. Ihre eine Seite ist licht gefärbt und schwimmt unten, die andere, dunkel gefärbt, schwimmt oben. Der vordere Theil des Schädels ist aber so eigenthümlich umgebildet, daß die oben schwimmende Seite beide Augen, die unten schwimmende Seite keins erhält.

Einen eigenen Contrast mit dem Vorherrschen der Symmetrie in den animalischen Organen des ausgebildeten Wirbelthieres bildet die Erfahrung, daß in einer Zeit des fötalen Lebens sehr gewöhnlich eine bedeutende Abweichung von der symmetrischen Anordnung vorübergehend eintritt. Die Entwicklungsgeschichte wird dieß näher angeben. Es besteht diese Abweichung darin, daß die Längsachse des jungen Thierchens, welches mit der Bauchseite auf dem Dotter liegt, sich in der Art krümmt, daß die Achse nicht in einer Ebene liegt, sondern ein Spirale beschreibt. Sehen wir z. B. auf den Rücken eines Hühnerembryo, so ist der Kopf nach abwärts gesenkt und nach der einen Seite, das Schwanzende ebenfalls abwärts

und nach der andern Seite gebogen. Bei Thieren, welche frühzeitig eine bedeutende Länge erhalten, geht auch diese Spiralwindung sehr weit; so im Schwanze der Natter, welcher wie ein nach der Spitze hin immer enger werdender Korkzieher gebogen ist. Bei sehr kurzleibigen Thieren, wie den Fröschen, bilden dagegen Rumpf und Kopf stets eine gerade oder höchstens gegen die Bauchseite gekrümmte Linie.

Ebenso, wie die eine Seite eines Wirbelthieres gleichsam eine Wiederholung der andern ist, findet sich auch eine sehr deutliche Symmetrie zwischen den oberhalb und den unterhalb der Wirbelsäule gelegenen Theilen. Sie verwischt sich allerdings in langen Strecken in hohem Maße, so daß z. B. das menschliche Skelet gänzlich ungeeignet ist, eine Vorstellung dieser Symmetrie zu erwecken. Sie tritt nämlich nur da sehr bestimmt hervor, wo keine Eingeweide unter der Wirbelsäule sich befinden. Sie ist deßhalb am Schwanze aufzusuchen und namentlich am Schwanzskelet der Fische unverkennbar. Wir haben da untere Wirbelbogen so gut, wie obere, untere Dornfortsätze wie obere.

Endlich wiederholen sich zahlreich ähnliche Theile nach der Länge des Wirbelthieres. Eine Reihe von ähnlichen Wirbeln bildet die Wirbelsäule. Unter ihnen ist freilich die Aehnlichkeit zuweilen undeutlich, wenn wir weit von einander entlegene Wirbel mit einander vergleichen. Aber es pflegen solche Verschiedenheiten immer durch allmälige Uebergänge vermittelt zu seyn. So folgt z. B., wenn wir von hinten nach vorn vorschreiten, auf den letzten kümmerlichen Schwanzwirbel nicht gleich ein sehr entwickelter u. s. w.

Dieselbe Aehnlichkeit, wie in den Wirbeln, herrscht auch vielfach in den Muskeln und ferner zwischen der Vertheilung der einzelnen Nervenpaare, der Blutgefäße u. s. w. Hier könnte man vielleicht annehmen wollen, daß diese zarteren Gebilde sich den von den Knochen gegebenen Verhältnissen anpassen. Doch würde es schwer halten, eine solche Vorstellungsweise aus dem ganz Vagen heraus zu einer präciseren Form zu bringen und wir halten sie für völlig verkehrt. Es entsteht jedes Gebilde aus eigner Kraft und bedarf keines Wegweisers. (Wir mögen hier wohl erinnern, daß z. B. die Rückenmarksnerven in manchen Fällen nicht mit den Wirbelbögen abwechseln, sondern die Bögen durchsetzen).

Ebenso zeigen sich auch die größten Aehnlichkeiten zwischen hinteren und vorderen Extremitäten und ihren Gürteln.

Im Darmkanale zeigt sich dagegen diese Wiederholung ähnlicher Theile der Länge nach ebenso wenig, als er im ausgebildeten Zustande symmetrisch zu seyn pflegt. Aber das erstere ist sehr natürlicher Weise deßhalb nicht der Fall, weil überall an diesen Theilen keine solche Gliederung, wie in der Rumpfwand, also auch keine Aehnlichkeit der Glieder vorkommt. Es verhält sich in dieser Hinsicht der Darm ähnlich wie die Chorda dorsalis.

Indem aber der Darm im Laufe seiner Entwickelung sich gewöhnlich viel mehr in die Länge bildet, als der Entfernung zwischen Magen und After entspricht, indem er also nothwendig sich verschiebt und zusammenwindet, wird er nicht bloß, wie oben gesagt, unsymmetrisch, sondern verdeckt auch die Regelmäßigkeit, welche man sonst ohne Zweifel wenigstens in der Reihenfolge der zu ihm tretenden Gefäß- und Nervenstämme bemerken würde.

Diese Erscheinung der regelmäßigen Wiederholung ähnlicher Theile (welche weiterhin bei den anderen thierischen Typen, bei jedem in seiner Weise wieder auftreten wird) hat natürlich längst die Aufmerksamkeit der Forscher auf sich ziehen müssen, und es ist nicht wenig Scharfsinn und Arbeit darauf verwandt worden, die Gränzen einer solchen Vergleichbarkeit der Theile aufzufinden. So bemüht man sich unter andern mit vollem Rechte, darüber klar zu werden, ob und wie auch am Schädel und Gesichte Theile nachzuweisen sind, welche Wirbeln, Rippen, Extremitäten entsprechen.

Daß nun die Antworten auf solche Fragen noch in einer nicht lange verflossenen Zeit zum Theil sehr schwach ausgefallen sind, so daß diese Beschäftigung das Aussehen einer willkürlichen Spielerei haben konnte, erschwert allerdings leicht den Blick in den wissenschaftlichen Charakter der ganzen Bestrebung. Doch liegt auch in diesen Verirrungen wenigstens

ein Zeichen, daß sich ein wissenschaftliches Bedürfniß mit Recht geltend macht. Man war sich nur über den Weg, es zu befriedigen, noch nicht hinreichend klar. Das Eine aber wird wenigstens Niemand verkennen können, daß man durchaus nicht dabei stehen bleiben kann, einzusehen, wie gewisse Theile verschiedener Thiere oder desselben Thieres eine gleichartige Bildung zeigen. Man wird mit Nothwendigkeit dahin gedrängt, die Gränzen dieser Gleichartigkeit aufzusuchen.

Die Wissenschaft, welche diese Aufgabe verfolgt, ist die Morphologie. Sie faßt die anatomische Beschaffenheit der thierischen Körper nicht in Beziehung zu den Functionen auf, wie wir es in diesem Buche vorwiegend thun werden, sondern sie interessirt sich für dieselben als einen Beweis regelmäßig thätiger Kräfte, als Produkte eines Complexes von Wirkungen, welche uns noch im höchsten Grade dunkel sind, welche wir aber nie zu verstehen hoffen dürfen, wenn wir es verschmähen wollen, zu untersuchen, was sie hervorbringen. Es mag nicht überflüssig seyn, hier an die Krystallographie zu erinnern, welche ganz auf ähnlichem Boden ruht, bei der größern Einfachheit ihres Objectes aber freilich ihrem Ziele weit näher und mathematischer Behandlung zugänglich ist. Das Beispiel dieser Wissenschaft wird es auch besonders ersichtlich machen, daß die Physiologie im gewöhnlichen Sinne gar nichts mit der Morphologie zu thun hat *). Die Krystallkunde hat eben nur die eine Seite. Nach dem Nutzen (einer physiologischen Function) fragt da Niemand. Wird es aber einst gelungen seyn, aus dem uns noch unauf-

*) Ueber das Wesen der sog. Morphologie sind noch immer selbst solche Forscher, welche sich nicht geringe Verdienste um diese Wissenschaft erworben haben, hin und wieder in auffallenden Irrthümern befangen. Ganz besonders ist aber zu warnen vor der kläglichen Vermengung physiologischer und morphologischer Motive beim Vergleiche verschiedener Thiere oder Organe. Darin ist ungemein gesündigt worden, und darin sündigen noch in neuerer Zeit auch tüchtige Morphologen. Wenn es sich fragt, ob zwei Gebilde morphologisch übereinstimmen oder nicht, so entscheidet sich dieß lediglich nach anatomischen Motiven, worunter die embryologischen mit inbegriffen sind. Die Uebereinstimmung oder Nichtübereinstimmung der Function entscheidet dabei absolut nicht. Daß man darüber noch hie und da im Irrthum befangen ist, beruht lediglich darauf, daß die physiologische Uebereinstimmung, um einen geläufigen Ausdruck zu gebrauchen, gelegentlich eine berathende, nie aber eine entscheidende Stimme haben kann. Dieses verwechselt man, und doch ist es wesentlich verschieden. Bei den Wirbelthieren ist die Gleichmäßigkeit des Baues so groß, daß sehr gewöhnlich morphologisch übereinstimmende Organe auch ähnliche Functionen haben. Darum würde man in morphologisch zweifelhaften Fällen unzählige Male das Rechte treffen, wenn man die Function kennt und von dieser auf die morphologische Uebereinstimmung schlösse. Es kann sich auf solche Weise eine Wahrscheinlichkeit ergeben, welche an Gewißheit gränzt. Und es kann ein solcher Weg der Forschung zu guten Resultaten führen. Nehmen wir den Fall, daß wir über die systematische Stellung zweier Thiere, über die typische Uebereinstimmung ihres Baues in Zweifel wären. Ihre anatomischen Verhältnisse sind vielleicht sehr dunkel. Aber wir erkennen gewisse Organe an ihnen nach der Function, z. B. die Eierstöcke. Nun orientiren wir uns von diesen festen Punkten aus in der Lage der übrigen Theile und finden dann vielleicht, daß wir Recht hatten, der physiologischen Analogie eine morphologische zu substituiren. Daß aber dennoch ein solcher physiologischer Grund immer nur ein indirecter ist, geht daraus hervor, daß, wie Jeder zugibt, die vollkommenste physiologische Uebereinstimmung nicht ein Atom eines eigentlich morphologischen Beweises aufwiegt, daß die größte physiologische Abweichung die morphologische Uebereinstimmung nicht im Mindesten schwächt. Die Vergleichung des Uterus und der Eileiter einerseits mit den Samenbläschen und Samenleitern andererseits war u. a. physiologisch mehr plausibel, als anatomisch, und es haben genauere anatomische und embryologische Studien gezeigt, daß sie ganz untauglich war. Os quadratum und Ambos haben sehr verschiedene Functionen, das schadet aber ihrer morphologischen Uebereinstimmung gar nicht.

Die Zähigkeit des gerügten Mißverständnisses verdanken wir zum Theil der Armuth der Sprache, welche nicht eine morphologische Nomenclatur neben die physiologische zu setzen vermag. Der Schaden, welcher aus diesem Irrthum entspringt, ist allerdings weniger ein praktischer: derselbe Anatom,

löslichen Knäuel von bewirkenden Ursachen, welche der Formentwicklung der Thiere zu Grunde liegen, irgend ein Fädchen hervorzuziehen, dann wird auch die Morphologie zu einem Theile, zu einem neuen Theile der Physiologie werden. Ebenso wie man gegenwärtig strebt, die Combination von Wirkungen zu ermitteln, auf welcher eine bestimmte Krystallform oder die Bildung und Umbildung der Zelle beruht, so wird man sich auch Wege zu eröffnen suchen, um die bewirkenden Ursachen der Anordnung der Organe zu ermitteln: man wird eine Physiologie der Plastik dereinst anstreben.

Kehren wir nach diesem Excurse wiederum zu der Betrachtung der thierischen Grundformen zurück. Wir haben im Vorigen den allgemeinen Bau der Wirbelthiere kennen gelernt, die sich hauptsächlich durch die Anwesenheit und bestimmte Entwicklung eines innern Skeletes charakterisiren. Im Gegensatz zu diesen Thieren bezeichnet man die übrigen als wirbellose, weil bei ihnen ein inneres Skelet entweder vollkommen fehlt, oder doch, wenn es vorhanden ist, eine völlig verschiedene Anordnung und Entwicklung darbietet. In den meisten Fällen erstreckt sich diese Verschiedenheit sogar auf die physikalische Beschaffenheit. Ein wirkliches Knochengewebe fehlt in allen *) wirbellosen Thieren. Auch Knorpel ist selten und findet sich nur in dem innern Skelet der Cephalopoden, das zur Umhüllung des centralen Nervensystemes dient, wie bei den Wirbelthieren. Aber auch hier fehlt jede weitere Analogie. Entwicklung, Gestalt und Lage dieses Skeletes ist ganz anders, wie bei den letzteren. Niemals findet sich ein Gebilde, der Rückensaite vergleichbar, niemals eine Umlagerung derselben von Wirbelkörpern. Dasselbe gilt für das innere Skelet der übrigen wirbellosen Thiere, dessen speciellere Betrachtung wir bis an einem gelegenern Orte verschieben.

Was die anatomische Anordnung der einzelnen Organe, sowie die äußeren Formverhältnisse des Körpers bei den wirbellosen Thieren betrifft, so zeigen diese lange nicht eine solche Uebereinstimmung, wie bei den Wirbelthieren. Aus diesem Grunde dürfen wir dieselben auch nicht zu einer einzigen Gruppe zusammengehörender Thiere vereinigen. Wir müssen vielmehr, wie Cuvier zuerst darlegte, unter ihnen mehrere Hauptabtheilungen unterscheiden, die sich, gleich den Wirbelthieren, durch bestimmte, in dem gesammten innern und äußern Bau sich abspiegelnde architectonische Verhältnisse charakterisiren. Eine Trennung der Thiere in wirbelbesitzende und wirbellose können wir nicht billigen. Namentlich aber müssen wir die Ansicht als unnatürlich bezeichnen, daß jene beiden Abtheilungen zwei einander ganz gleichwerthige Gruppen umfaßten. Nicht den wirbellosen Thieren im Ganzen lassen die Wirbelthiere sich entgegensetzen, sondern vielmehr nur den einzelnen typischen Abtheilungen derselben.

Wir müssen dieses Verhältniß hier deßhalb besonders hervorheben, weil es, zum Schaden für unsere Wissenschaft, so sehr häufig vernachlässigt und falsch aufgefaßt wird. Man dachte nicht daran, daß ein jeder Typus, wie ein sehr geistreicher Zoolog einst sagte, für sich studirt seyn will und im Grunde seine eigenen Organe hat. Von der bei den Wirbelthieren vorkommenden Anordnung ausgehend, glaubte man sich berechtigt, bei den übrigen Geschöpfen ähnliche Verhältnisse voraussetzen zu dürfen. Die Erfahrung lehrte bald ein Anderes. Man staunte, man hielt für wunderbar und paradox, was nur als die Folge eines verschiedenen Organisationsplanes, als eben so gesetzmäßig, eben so begründet erscheint, als die bei jenen höheren Thieren vorkommenden Verhältnisse. Man suchte nach Analogie, wo in Wirklichkeit keine vorhanden. Noch heute sprechen wir von einem Kopf, einem Hirn, von Extremitäten

---

welcher die Behauptung unterschreibt, daß die Function mit zu den morphologischen Merkmalen gehörte, wird dennoch durch richtigen Takt verhindert, sich durch dieses falsche Princip je verleiten zu lassen. Aber es wird durch eine solche Unklarheit die richtige Auffassung des Grundbegriffes der Morphologie sehr erschwert. Sie muß aufgegeben werden, soll die Wissenschaft mehr seyn, als ein Koloß mit thönernen Beinen.

*) Die Angabe, daß bei den Insekten Knochenkörperchen in dem äußern Panzer vorkämen, beruht auf einem Irrthum.

bei vielen niederen Thieren. Unwillkürlich, unbewußt vergleichen wir diese Theile den gleichnamigen Gebilden des Menschen. Wir vergessen, daß die architectonische Bedeutung derselben gänzlich verschieden ist, wenn immerhin auch physiologisch manchfache Uebereinstimmungen in die Augen fallen und eben jene halbwahren Vergleichungen herbeiführen.

Die erste jener typischen, durch die wesentliche Uebereinstimmung in dem Plan der Organisation begründeten Abtheilungen unter den wirbellosen Thieren bilden die Crustaceen und Insekten, die darum denn auch von vielen neueren Zoologen, gewiß mit großem Recht, unter dem Namen der *Arthropoden* oder *Gliederfüßler* zusammengefaßt werden. Sie besitzen ganz durchgehend ein äußeres Skelet, gebildet durch die verdickte und erhärtete Hautbedeckung. Damit aber hierdurch die Beweglichkeit des Körpers nicht aufgehoben werde, bildet dieses Skelet nicht einen continuirlichen starren Panzer, sondern ist auf eine ähnliche Weise, wie die Wirbelsäule, in eine Reihe hinter einander liegender Theile zerfallen, in ringförmige *Segmente*, welche die Eingeweide umschließen und den ebenfalls im Innern gelegenen Muskeln zum Ansatzpunkt dienen. Die Zahl dieser Segmente ist trotz manchfacher Abweichungen ziemlich bedeutend, so daß auch hier bei einer verhältnißmäßig nur geringen Breite die Längendimension des Körpers vorwiegt, wie bei den Wirbelthieren. An diesen Ringen sind neben der Medianlinie der Bauchfläche noch besondere, hohle und gegliederte Fortsätze, die *Extremitäten*, angeheftet, je ein Paar an einem Ringe, wie die Figur 10, die Abbildung eines Tausendfußes, versinnlichen möge. In Form und Entwicklung bieten diese Anhänge übrigens an den einzelnen Regionen des Körpers manchfache, sehr bedeutende Verschiedenheiten dar, so bedeutend, daß man lange Zeit hindurch, bis auf die klassischen Untersuchungen von *Savigny*, die wesentliche Uebereinstimmung derselben übersehen konnte. Doch nicht bloß die Körperanhänge der Arthropoden zeigen eine solche Heteronomität der Entwicklung. Es gilt dasselbe auch von den Segmenten, die an den einzelnen verschiedenen Regionen des Körpers in Größe, Form und Verbindung eben so manchfach differiren.

Fig. 10.



Scolopendra.

Auf solche Weise entstehen am Körper der Arthropoden mehrere hinter einander gelegenene Abschnitte, die je aus einer größern oder geringern Zahl von Segmenten mit deren resp. Anhängen zusammengesetzt und als *Kopf*, *Brust*, *Bauch* und *Hinterleib* bezeichnet werden. Zu bemerken ist übrigens, daß diese Abschnitte keineswegs immer in vollständiger Zahl und selbstständig neben einander entwickelt sind. Bei den luftathmenden Arthropoden (mit Ausnahme der Scorpionen) fehlt ein Hinterleib, wie er bei den Crustaceen vorkommt, so daß nur Kopf, Brust und Bauch den Leib zusammensetzen (man vergleiche die Fig. 11 des Seidenspinners). Bei den Spinnen ist der Kopf sogar mit dem Thorax verschmolzen, während umgekehrt bei den höheren Krebsen die Brust nach vorn an den Kopf getreten ist.

Fig. 11.



Bombyx mori.

a Kopf, b Brust, c Hinterleib.

Für das Verständniß der manchfachen Verschiedenheiten in dem äußern Bau der Arthropoden ist die richtige Erkenntniß dieses merkwürdigen Verhaltens, die wir besonders den scharfsinnigen Darstellungen von *Erichson* verdanken, von größter Wichtigkeit. Auf eine sehr überraschende Weise löst sie die Räthsel jener merkwürdigen Gestaltungen und zeigt Gesetz und innern Zusammenhang da, wo sonst nur Willkür und Regellosigkeit vorhanden schien.

Der Kopf der Arthropoden erscheint meistens unter der Gestalt einer festen Hohlkugel,

die wir, trotz ihrer Gleichförmigkeit, als das Product aus der Verschmelzung einer Anzahl von Segmenten, mindestens aus drei, in der Regel aber aus fünf ansehen müssen. Deutlicher getrennt sind die entsprechenden Ringe der übrigen Körperabschnitte. Am Thorax zählen wir überall deren drei, während der Bauch gewöhnlich aus fünf oder zehn besteht, von denen aber auch wohl einer und selbst mehrere eingehen können. Noch schwankender ist die Zahl der Postabdominalsegmente.

Nach dem Bau dieser einzelnen Segmente nun richtet sich die Entwicklung der entsprechenden Anhänge. An den vier hinteren Ringen des Kopfes bilden diese die sog. Freßwerkzeuge (Oberlippe, Oberkiefer, Unterkiefer, Unterlippe) an den davor gelegenen die Antennen, die aber auch mitunter fehlen, wenn nämlich (ein Fall, der bei den Spinnen sogar bis auf die Oberlippe sich erstreckt) die zugehörenden Ringe selbst nicht gebildet sind. Wo, wie bei den höheren Crustaceen, auch die Thoracalsegmente an den Kopf getreten sind, da zeigen ebenfalls an diesen die Anhänge eine Umwandlung in Freßwerkzeuge, in die sog. Beikiefer, deren Zahl sich natürlich nach der Zahl der metamorphosirten Segmente selbst richtet. Bei unserm Flußkrebs betrifft diese Metamorphose alle drei Brustringe; bei dem Wasserfloh, Gammarus, nur den vordern. Im letztern Fall erscheinen die übrigen Anhänge des Thorax als Beine, unter einer Form, wie sie auch constant an den entsprechenden Segmenten der Insekten angetroffen wird. Bei den Spinnen, wo wir statt dreier Paare solcher Locomotionswerkzeuge deren vier antreffen, resultirt diese Vermehrung aus dem oben schon erwähnten Verhältniß des Kopfes zum Thorax. Das letzte Paar der Freßwerkzeuge, die Unterlippe, ist hier in die vorderen Extremitäten verwandelt.

Fig. 12.



Winkelspinne, Tegenaria.

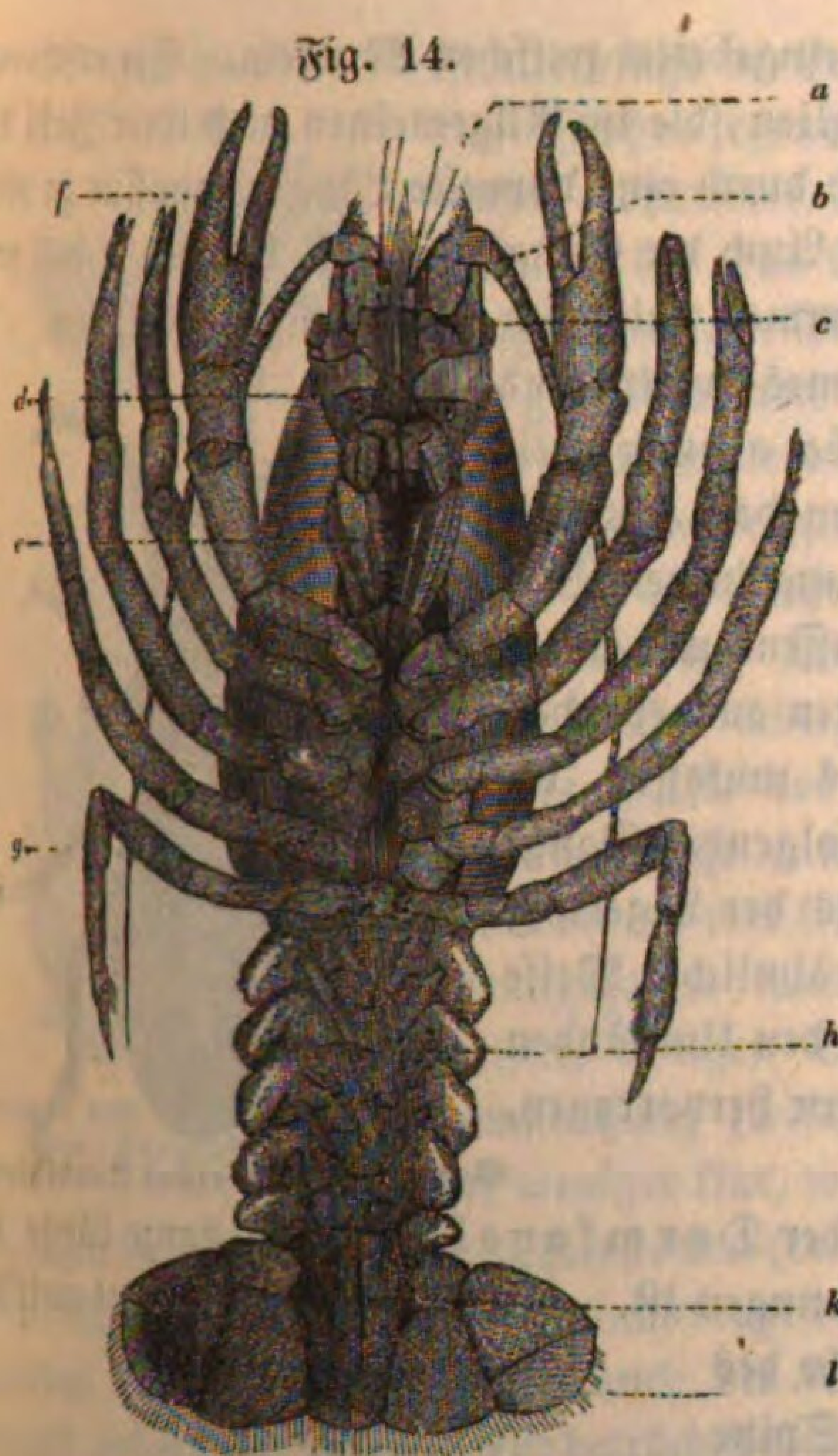
Bei den sechsfüßigen Insekten und den Spinnen beschränkt sich die Zahl der an den Körpersegmenten befestigten Extremitäten auf Kopf und Brust. Der Bauch entbehrt derselben ganz constant. Die Anhänge, welche hier bisweilen noch an dem hintern Ende des Leibes vorkommen, wie z. B. die Legestachel der weiblichen Hexapoden (Figur 13), lassen jenen Extremitäten auf keine Weise sich vergleichen. Es sind diese vielmehr, wie wir neuerlich erfahren haben, unmittelbar aus einer Metamorphose der Segmente selbst hervorgegangen. Anders aber ist es bei den Myriapoden und Krebsen. Bei diesen trägt auch der Bauch seine Extremitäten. Sie erscheinen als Beine, wie sonst die Anhänge des Thorax. Wo letztere (bei den sog. Decapoden, z. B. dem gewöhnlichen Flußkrebs, Fig. 14) alle in Beikiefer verwandelt sind, bewerkstelligen sie sogar allein die Locomotion des Körpers, während sie in den übrigen

Fig. 13.



Heimchen, mit Legestachel.

Fig. 14.



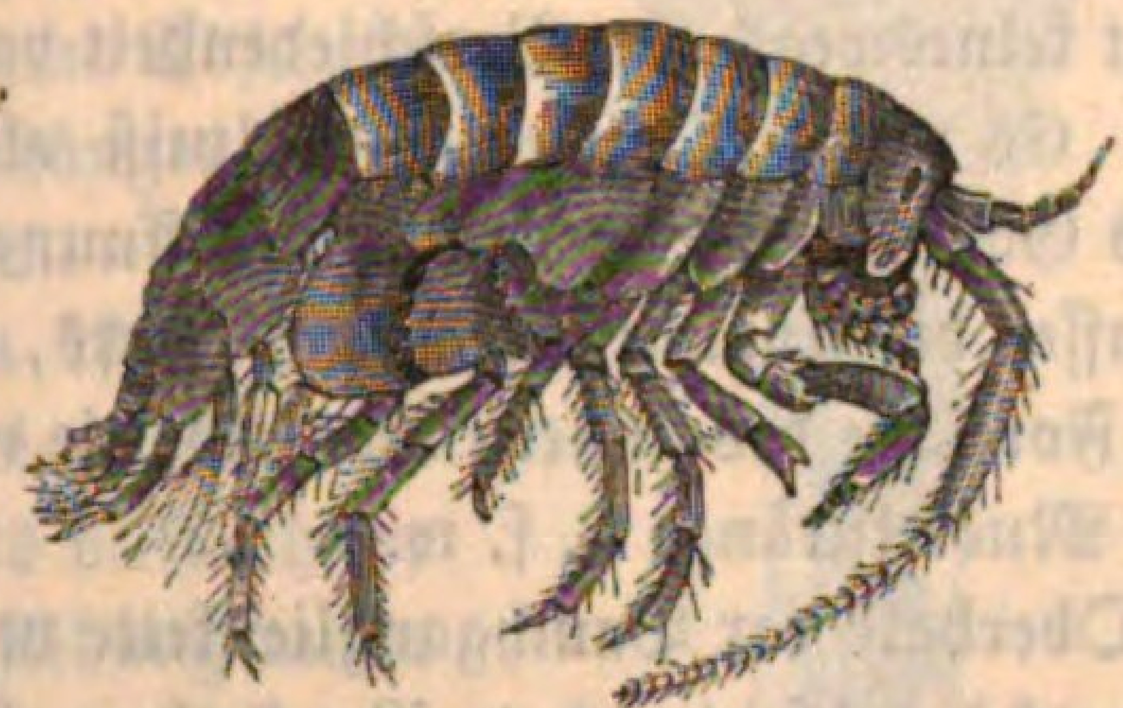
Flußkrebs.

a a innere Antennen, *b b* äußere Antennen, mit dem Gehörorgan *d* in den Basalgliedern, *c c* Augen, *e* letzte Beikiefer (Anhänge des dritten Brustringes), *f*—*g* fünf Beinpaare (Anhänge der fünf Abdominalsegmente), *h.* Afterfüße des Postabdomen, *i.* Schwanzflosse (letztes Afterfußpaar), *k* After.

Fällen Form und Function mit den Extremitäten der unverändert gebliebenen Brustringe theilen. So z. B. bei den Flohkrebsen, bei denen die Zahl der locomotorischen Anhänge von 5 zu 7 Paaren gestiegen ist, weil sie nur ein einziges Beikieferpaar besitzen, wie Fig. 15 zeigt.

In der Klasse der Krebse finden sich entsprechende paarige Anhänge, selbst an den Segmenten des Hinterleibes. Sie bilden hier die sog. Afterbeine, die gewöhnlich eine nur

Fig. 15.



Orchestia.

geringe Größe erreichen und in Gestalt und Bedeutung sehr manchfache Aenderungen zulassen. Als eine andere Eigenthümlichkeit der Crustaceen ist noch der Umstand zu erwähnen, daß bei ihnen die einzelnen Anhänge der Segmente ganz allgemein, wie es scheint, der Länge nach gespalten sind. Wo dieselben nur einfach erscheinen, da ist im Lauf der Entwicklung der eine jener beiden Strahlen wiederum geschwunden. Am häufigsten ist dieses bei den eigentlichen Beinen der Fall, während besonders die Antennen und Afterfüße meistens noch ganz deutlich jene Spaltung in ihren beiden Theilungsstücken erkennen lassen, wenn gleich dieselben in der Regel eine verschiedene Entwicklung darbieten.

Als eine Wiederholung dieser Extremitätenbildung an der Dorsalfläche des Leibes sind die bei den sechsfüßigen Insekten sehr allgemein verbreiteten Flügel anzusehen, die den beiden hinteren Thoracalsegmenten anhängen und in ihrer Entwicklung eben so manchfaltige, für die descriptive Zoologie eben so wichtige Differenzen darbieten, wie die Antennen und Freßwerkzeuge.

Fig. 16.



Libellula.

Dieselbe seitliche Symmetrie, welche wir in den äußeren architectonischen Verhältnissen des Körpers bei den Gliederfüßlern wahrnehmen, finden wir auch im Bau der inneren Organe. In dieser Hinsicht stimmen die Arthropoden vollkommen mit den Wirbelthieren überein, während sie in der Lagerung und Entwicklung der Eingeweide mehrfach sich ganz auffallend davon unterscheiden. Was zuerst die Centraltheile des Nervensystems betrifft, so finden sich diese in der Median=

linie der Bauchfläche unter dem Darmkanale, eingebettet zwischen Muskeln. Sie erscheinen als eine Reihe hinter einander gelegener Ganglien, die im Allgemeinen nach ihrer Zahl den einzelnen Segmenten entsprechen und unter sich durch eine doppelte Längscommissur zu einer zusammenhängenden Kette vereinigt werden. Auch die Ganglien selbst bestehen je aus zwei seitlichen, wenn auch meistens fast ganz vollkommen unter sich verschmolzenen Hälften.

Eine Eintheilung des centralen Nervensystemes in Hirn und Rückenmark ist bei den Arthropoden, so wie bei allen wirbellosen Thieren, unstatthaft. Das erste Ganglion des Körpers, welches in der Höhle des Kopfes vor dem Eingang in den Verdauungskanal gelegen ist, wird nur sehr unpassend mit einem Gehirn verglichen. Daß die davon nach hinten ausgehenden Commissuren die Seitentheile des Oesophagus umfassen, bedingt keineswegs eine Verschiedenheit von den folgenden Ganglien. Es resultirt dieses Verhältniß allein aus der Lagerung jenes Ganglions vor der Mundöffnung. In ähnlicher Weise umfassen die Commissuren auch öfters, je nach den Umständen bald Fortsätze des äußern Skeletes, die nach innen hervorragen, bald Muskelstränge u. s. w.

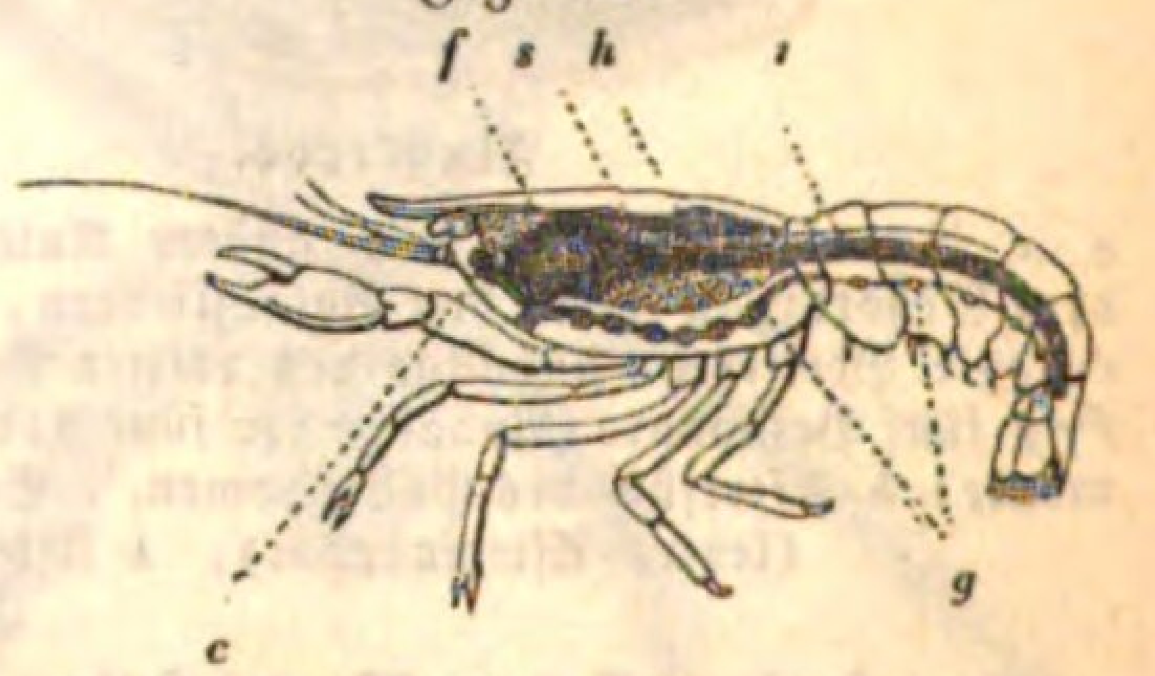
Fig. 17.



Ganglienkette eines Raubkäfers.

Oberhalb der Bauchganglienkette verläuft der **Darmkanal**, der die ganze Länge des Körpers durchsetzt und meistens ohne alle Windungen ist. Die Mundöffnung liegt zwischen den Freßwerkzeugen an der untern hintern Fläche des Kopfes, der After in der Regel an der äußersten Spitze des Leibes. Der Centralmasse des Nervensystems gegenüber, in der Mittellinie des Rückens trifft man auf die motorischen Theile des **Gefäßsystems**, welches übrigens nirgends in der ganzen Abtheilung der Arthropoden vollständig geschlossen ist, sondern beständig in geringerm oder größerm Grade lückenhaft bleibt.

Fig. 18.



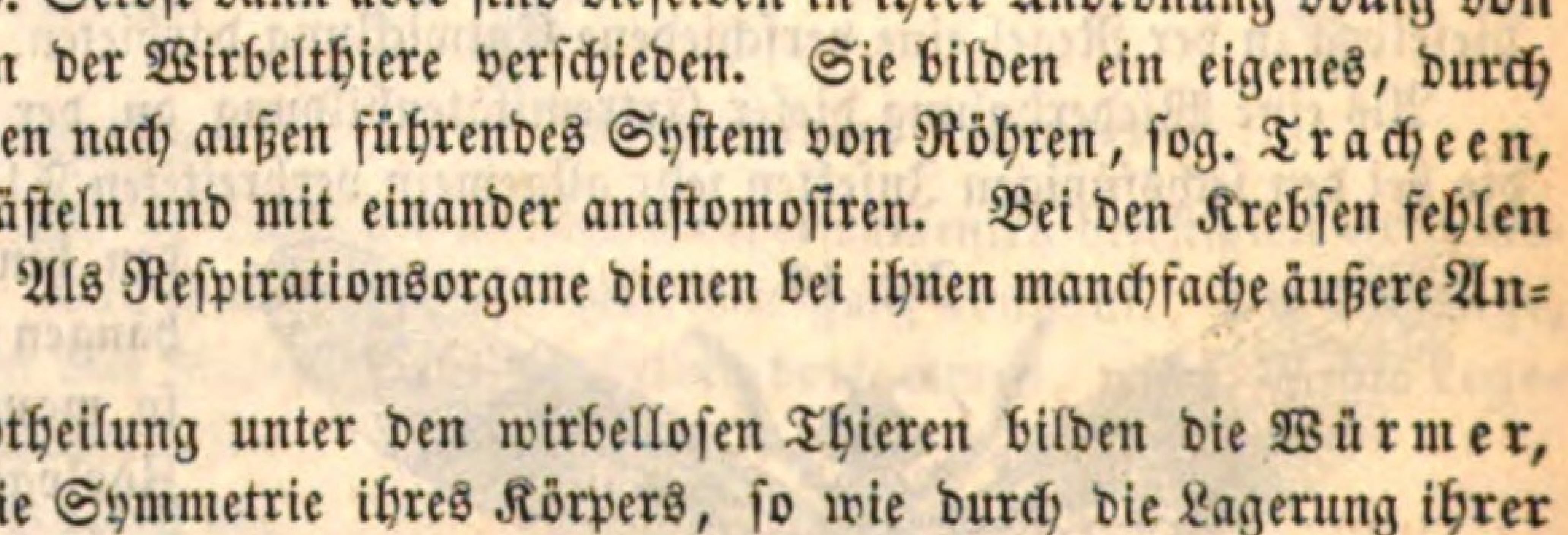
Durchschnitt eines Flußkrebses.

i Darmkanal mit Magen *s* und Leber *f*, *g* Ganglienkette mit sog. Gehirn *c*, *h* Herz.

In den Seitentheilen des Leibes finden sich die **Geschlechtsapparate**, so wie die **Respirationsorgane**, wenn diese überhaupt im Innern der Leibeshöhle gelegen sind. Selbst dann aber sind dieselben in ihrer Anordnung völlig von den entsprechenden Gebilden der Wirbelthiere verschieden. Sie bilden ein eigenes, durch besondere seitliche Oeffnungen nach außen führendes System von Röhren, sog. **Tracheen**, die meistens vielfach sich verästeln und mit einander anastomosiren. Bei den Krebsen fehlen solche luftführende Röhren. Als Respirationsorgane dienen bei ihnen manchfache äußere Anhänge des Skelets.

Eine andere typische Abtheilung unter den wirbellosen Thieren bilden die **Würmer**, die durch die Gestalt und die Symmetrie ihres Körpers, so wie durch die Lagerung ihrer Eingeweide sehr auffallend an die Arthropoden sich anschließen. Namentlich gilt dieses für die höher entwickelten Formen, die sog. Anneliden oder Ringelwürmer (Fig. 19), deren Körper auch noch eine Abtheilung in Segmente zeigt, obgleich ein äußeres Skelet denselben fehlt. Ueberhaupt sind bei fast allen Würmern die äußeren Bedeckungen weich und biegsam. In manchen Fällen, bei den röhrenbewohnenden Kopfkiemern,

Fig. 19.



Nereis.

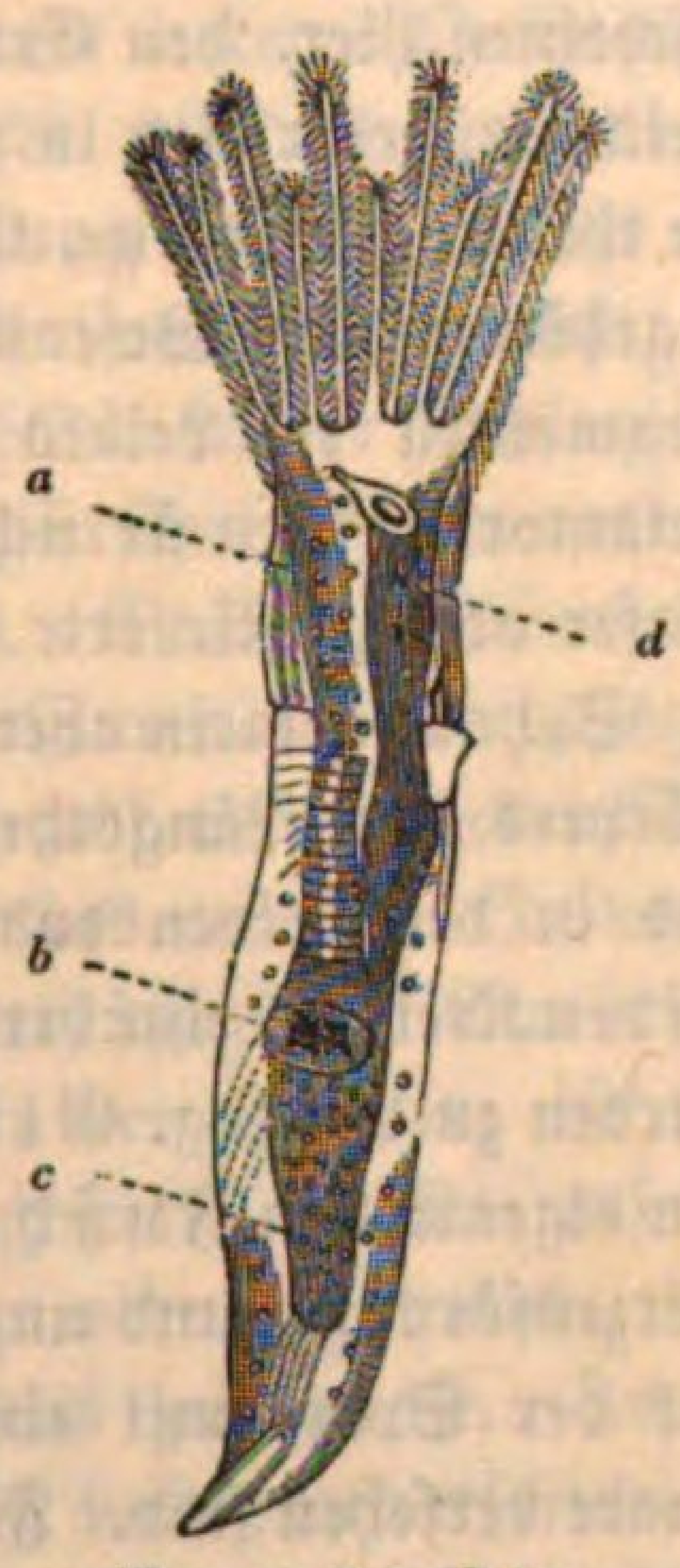
Fig. 20.



Gruppe von Röhrenwürmern, Serpula.

ist allerdings der Leib von einer äußern Schaale umschlossen, allein diese ist ohne irgend einen Zusammenhang mit dem Körper und ein bloßes erhärtetes, meistens sehr kalkreiches Secret. Dieselbe Bedeutung hat das Gehäuse der Räderthiere, wo es aber nur bei einigen wenigen Arten vorkommt. Bei den Bryozoen dagegen, die mit großem Unrecht in der Regel zu den Polypen gerechnet werden, wird es unmittelbar aus den erhärteten, oftmals sehr reich mit Kalksalzen imprägnirten Körperhüllen gebildet, wie bei den Arthropoden u. a. Sehr deutlich ist ein solches Verhältniß z. B. bei Bowerbankia. Die Skeletbildung beschränkt sich übrigens allein auf die hintere Hälfte des Leibes, so daß der vordere weiche und biegsame Abschnitt des Körpers mit seinen Anhängen darin zurückgezogen werden kann. Bei den meisten übrigen Bryozoen ist der Zusammenhang zwischen Skelet und Körper weniger klar, weil theils diese Thiere in ganzen Colonieen, in sog. Thierstöcken (deren Entstehung unten bei der Fortpflanzung näher auseinandergesetzt werden wird) mit einander verbunden sind, theils auch die Kalkmassen des äußern Skelets gewöhnlich in einer sehr beträchtlichen Menge sich vorfinden und den Körper überwuchern.

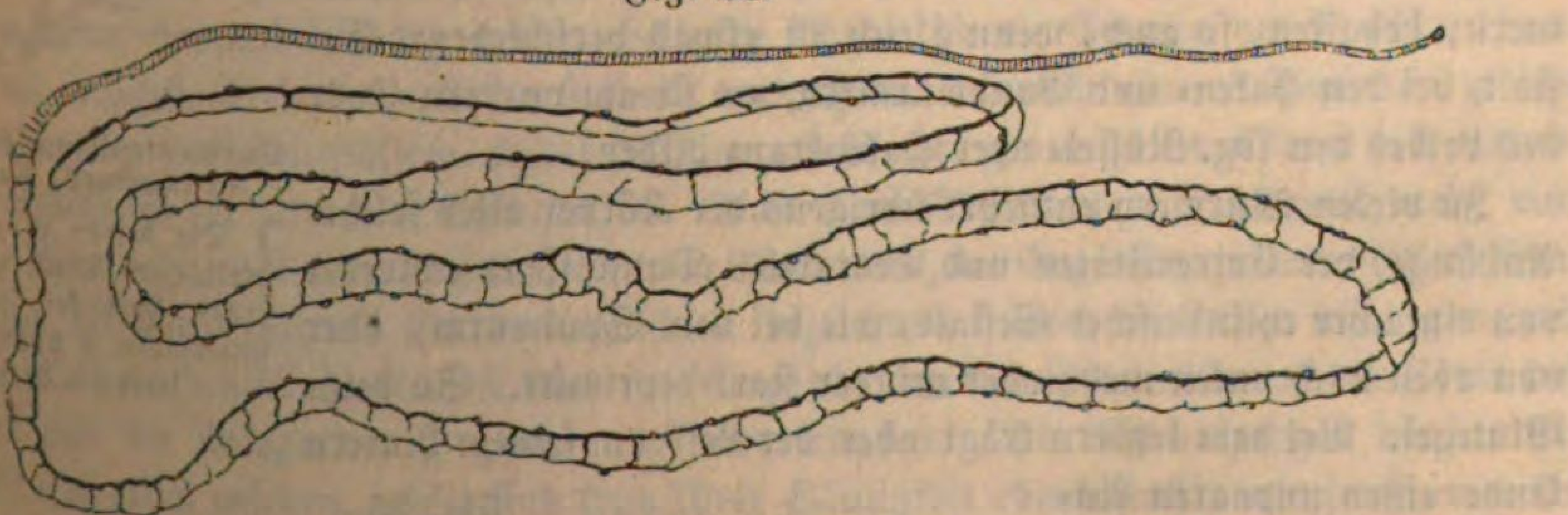
Fig. 21.



Bowerbankia.
Im Innern verläuft der schlingenförmig gebogene Darm *a, b, c, d.*

Eine Gliederung des Körpers in Segmente findet sich übrigens unter den Würmern nicht allein bei den Anneliden. Auch bei den Nemertinen und Blutegeln, die von den eigentlichen Anneliden getrennt werden mußten, so wie bei den Räderthieren und selbst den Bandwürmern ist sie sehr allgemein verbreitet. Was aber diese Gliederung von der der Arthropoden unterscheidet, ist der Umstand, daß die einzelnen dadurch entstandenen Segmente niemals

Fig. 22.



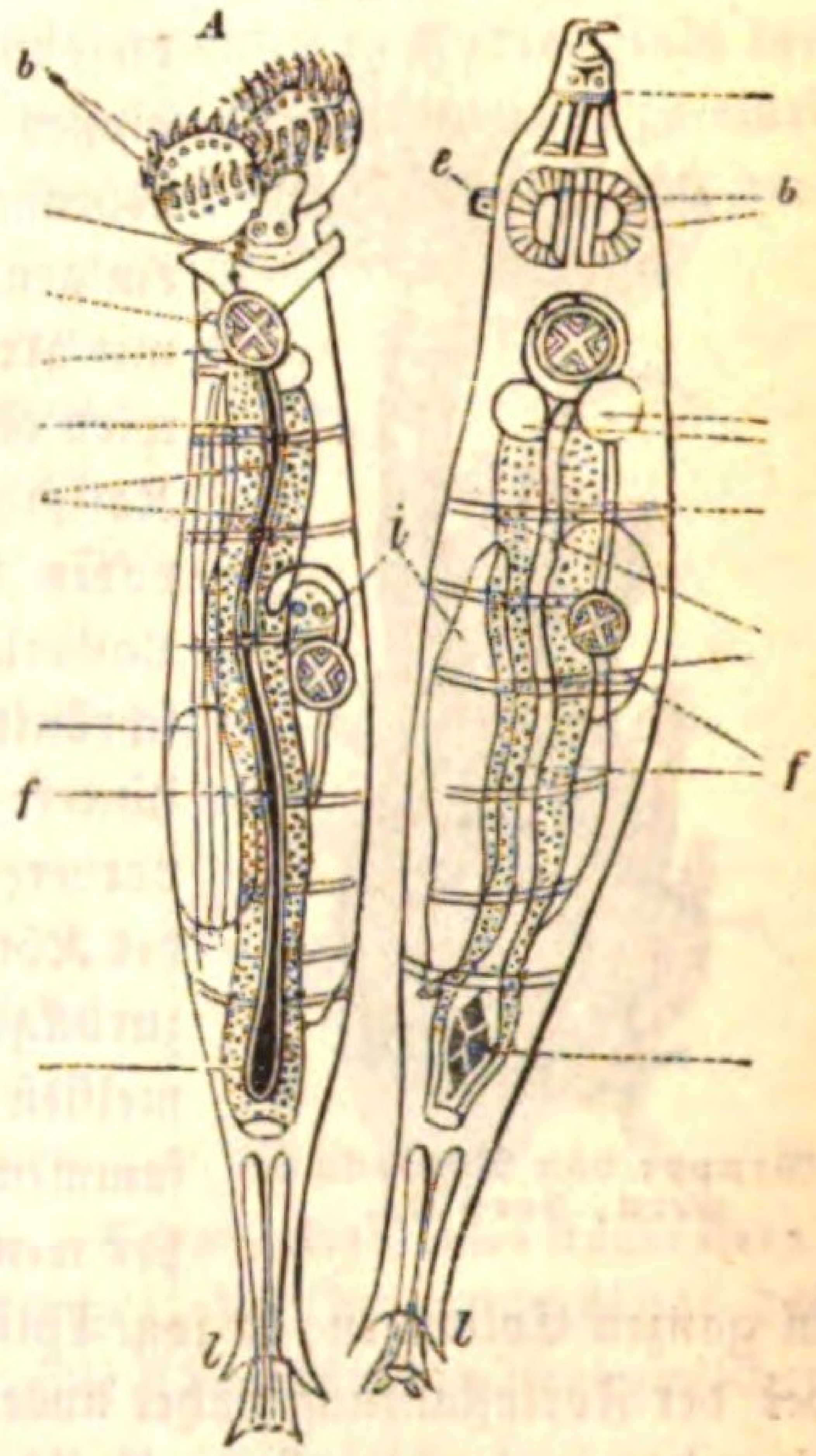
zu solchen bestimmten morphologischen Abschnitten zusammentreten, wie es dort der Fall ist. Im Wesentlichen sind alle einzelnen Ringe ganz gleich gebildet. Höchstens weichen die hinteren oder vorderen derselben etwas ab. Eine unmittelbare Folge dieser Anordnung ist das Fehlen eines Kopfes. Was man bei den Würmern so benennt, ist bald (bei den Band- und Blasenwürmern, welche letztere wir aber nicht für eigene Thierformen halten können, sondern als bloße hydropische und degenerirte Bandwürmer ansehen) das ganze vordere, etwas abweichend gebildete Körperende, bald bloß (bei den Regenwürmern u. s. w.) ein besonderer höcker- und rüsselförmiger Anhang an der Dorsalfläche des ersten Körpersegmentes.

Auch sonst trägt das vordere Körperende bei den Würmern nicht selten manchfache Anhänge, sog. Tentakeln, unter der Gestalt von cylindrischen, büschel- oder kranzförmig neben ein-

ander stehenden Fäden. So bei den Röhrenwürmern und Bryozoen. Auch in manchen Rotiferen findet sich die Andeutung einer solchen Bildung, doch sind bei ihnen in der Regel die Tentakel bis auf einige lappenförmige Vorsprünge geschwunden. Die Cilien aber, welche sonst gewöhnlich die Tentakel bekleiden, sind geblieben. Sie bilden den sog. Räderapparat.

Bei den Kiemenwürmern beschränken sich übrigens solche Anhänge nicht auf das vordere Leibesende. Sie wiederholen sich vielmehr an allen einzelnen Gliedern und erscheinen hier, den Extremitäten der Arthropoden vergleichbar, jederseits in zwei Längsreihen von Fortsätzen, die theils der Rücken-, theils der Bauchfläche des Körpers angehören. Im Wesentlichen sind diese Fortsätze an allen Segmenten des Leibes von gleicher Gestalt. Niemals metamorphosiren sie sich, wie bei den Arthropoden, in Kiefer oder gegliederte Beine.

Fig. 23.



Räderthiere, Rotiferae.
A mit ausgebreitem, *B* mit eingezogenem Räderapparate (*b b*), *f* Darmkanal.

Sehr allgemein aber findet sich an den Segmenten des Körpers eine Längstheilung dieser einzelnen Fortsätze und in den beiden dadurch entstandenen Theilen, wie bei den Krebsen, eine verschiedene Entwicklung. Die einen werden zu den sog. Gliedfäden (cirri), die andern zu den eigentlichen Fußhöckern. Die letztern sind kurze, warzenförmige und ungegliederte Hervorragungen, die auf der Spitze mit einem Büschel borsten- oder hakenförmiger Haare versehen sind. Für die gesammte Oekonomie der Anneliden sind diese Gebilde von höchster Wichtigkeit. Sie dienen besonders zur Locomotion oder als Waffen. Aus diesem Grunde finden sie sich denn auch viel weiter verbreitet, als jene Anhänge. So bei den Regenwürmern, wo sie noch ihre eigenthümliche Anordnung in Längsreihen an den Seiten des Körpers, wie bei den Kiemenwürmern, behalten, so auch, wenn gleich in etwas verschiedener Gestalt, bei den Haken- und Bandwürmern, wo sie am vordern Ende des Leibes den sog. Rüssel- oder Hakenkranz bilden.

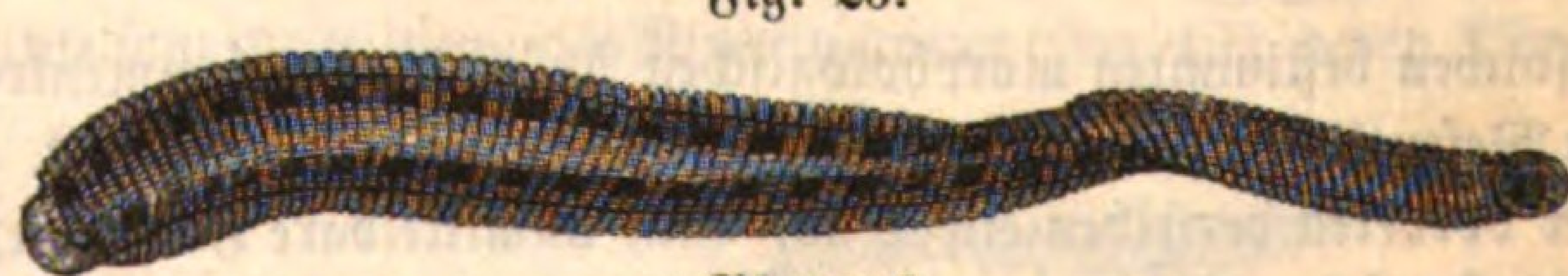
Fig. 24.



Segmentanhänge eines Kiemenwurmes, Eunice.
i Die beiden zu einer gemeinsamen Masse verschmolzenen Fußhöcker, *c* oberer Gliedfaden, *d* unterer Gliedfaden, *b* Kieme.

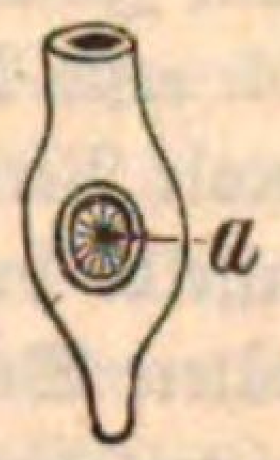
In vielen Würmern entbehrt übrigens der Körper aller solcher Anhänge, der Extremitäten und Tentakel. Dann ist er entweder von einfacher cylindrischer Gestalt, wie bei dem Spulwurm, oder von oben nach unten mehr oder minder stark deprimirt. So beim Blutegel. Bei dem letztern trägt aber der Leib an seinem hintern Ende einen unpaaren Anhang von scheibenförmiger Gestalt, welcher an den vordern Kopfanhang der Anneliden erinnert und auf seiner untern Fläche mit einer großen Sauggrube, die zum Anheften dient, versehen ist. Einen ähnlichen Apparat besitzen viele andere Plattwürmer, doch ist hier häufig die Zahl der Sauggruben auf der Scheibe vermehrt, und dann auch diese von abweichender, lappiger oder handförmiger Gestalt. Auch an anderen Stellen finden sich hier und da Sauggruben, wie am Kopf der Bandwürmer, doch ohne dann gewöhnlich von besonderen Anhängen des Körpers getragen zu werden.

Fig. 25.



Blutegel.

Fig. 26.



Distomum.
a. Saugnapf.

Das centrale Nervensystem der Würmer beschränkt sich in sehr vielen Fällen auf ein Nackenganglion, von dem die Nervenstämme nach verschiedenen Seiten hin ausstrahlen. Unter diesen zeichnen sich — in Uebereinstimmung mit der langgestreckten Körperform — vor allen anderen durch eine stärkere Entwicklung zwei longitudinale Stämme aus, die in den Seitentheilen des Körpers bis weit nach hinten zu hinablaufen. In den höheren Formen rücken diese Seitenstämme nach der Medianlinie des Bauches näher aneinander, bis sie endlich verschmelzen und, in den einzelnen Segmenten ganglionär sich verdickend, eine förmliche Bauchganglienkette bilden, wie bei den Arthropoden.

Der Darmkanal, der oberhalb dieses Bauchstrangs oder, wo derselbe nicht vorkommt, zwischen den Seitennerven nach hinten verläuft, zeigt in der Lage seiner äußeren Oeffnungen manchfache Verschiedenheiten und Schwankungen, die ohne Zweifel mit dem gesammten morphologischen Verhalten der Würmer im innigsten Zusammenhang stehen. Wäre ein Kopf vorhanden, wie bei den Insekten und Krebsen, so würde auch unmittelbar damit die Lage der Mundöffnung bestimmt seyn. So aber rückt dieselbe nicht selten in der Medianlinie des Bauches nach hinten, obgleich sie in der Regel allerdings, wie gewöhnlich, am vordern Leibesende gelegen ist. Noch größere Abweichungen zeigt der After. Bald ist er überhaupt nicht vorhanden, bald eine geringere oder größere Strecke vor dem Hinterleibsende gelegen. Bei einigen Entozoen fehlt selbst der ganze Darmkanal. Mit ihm jene beiden äußeren Oeffnungen. Die Leibeshöhle ist es dann, welche die Stelle dieses Gebildes vertritt. In vielen anderen Fällen ist die Leibeshöhle auch der einzige Behälter der Blutflüssigkeit. Ein besonderes Gefäßsystem findet sich fast allein bei den höheren Formen der Würmer, ist hier aber, wie es scheint, im ausgebildeten Zustande überall vollkommen geschlossen. Die ansehnlichsten Gefäße sind weite pulsirende Längsstämme, von denen der eine gewöhnlich, dem Herzen der Arthropoden vergleichbar, in der Mittellinie des Rückens gelegen ist. Innere Respirationsorgane fehlen beständig. Die Function des Athmens ist bald von verschiedenen äußeren Anhängen des Leibes, bald auch ganz gleichmäßig von der Körperoberfläche übernommen. Die Geschlechtsorgane, gewöhnlich von sehr mächtiger Entwicklung, liegen in den Seitentheilen der Leibeshöhle und erstrecken sich durch deren ganze Länge vom vordern bis zum hintern Ende, während sie bei den Arthropoden, wo sie sonst eine ganz analoge Lage haben, nur auf den eigentlichen Bauch sich beschränken.

Eine dritte Hauptabtheilung der wirbellosen Thiere ist die Gruppe der Mollusken. Statt des langgestreckten beweglichen Leibes, ausgezeichnet durch eine vollkommen gleiche Entwicklung der seitlichen Hälften, findet sich hier ein kurzer, gedrungener Körper mit manchfachen Störungen der lateralen Symmetrie. Von einer Gliederung ist nirgend mehr eine Spur. Man sieht wohl den typischen Bau der Mollusken, im Gegensatz zu dem seitlich symmetrischen der Gliederthiere, als den massigen bezeichnet. Doch vielleicht nicht ganz mit Recht. Auch bei den Mollusken ist eine ursprüngliche laterale Duplicität in der Form des Körpers und der Anlage der Organe ganz unverkennbar. Die Abweichungen dürfen wir nicht als wesentlich ansehen. Sie sind trotz ihrer Häufigkeit ebensowohl, wie sonst, nur als Ausnahmen, als Modificationen eines allgemeinen Planes zu betrachten.

Schon oben ist erwähnt worden, daß unter den Mollusken bei den sog. Cephalopoden sich die Rudimente eines förmlichen innern Skelets vorfinden, welches in seinen allgemeinsten Verhältnissen dem Skelet der Wirbelthiere sehr wohl sich vergleichen läßt, obgleich es morphologisch, wegen des ganz veränderten Bauplanes, damit keine Uebereinstimmung darbietet. Eine weit allgemeinere Verbreitung hat das äußere Skelet, das unter dem Namen Conchylie, Muschel, Gehäuse bekannt ist und durch die große Manchfaltigkeit seiner Form, sowie oft durch die Pracht seiner Farben sich auszeichnet.

Nach seiner Genese ist dieses Gebilde außerordentlich merkwürdig. Auf den ersten Blick möchte man vermuthen, daß es, wie bei den Röhrenwürmern, nur durch das erhärtete Secret

der äußern Körperhülle entstanden sey. Doch dem widerspricht schon, daß die Thiere nicht ohne Zusammenhang mit der Schale sind, obgleich dieselbe nur geringe Ausdehnung hat. Die erste Anlage des Gehäuses geschieht, wie die Entwicklungsgeschichte lehrt, durch eine locale Verhornung der äußeren Bedeckungen, wie bei den Bryozoen. Dann aber hebt sich dasselbe von dem Körper ab, bis auf die Stelle des bleibenden Zusammenhanges. Das spätere Wachsthum wird nun aber wirklich durch das Secret der äußeren Bedeckungen vermittelt, das an die äußeren freien Ränder der primitiven Schale sich anlegt und diese vergrößert.

Aeußerlich unterscheidet man am Körper der Mollusken einen Vordertheil (Kopf) und einen Hintertheil. Beide sind bei den höheren Formen deutlich gegen einander abgesetzt und durch eine ringförmige Einschnürung geschieden, zeigen aber in Gestalt und Entwicklung sehr ansehnliche Differenzen. Den größesten Theil des Leibes bildet überall der Hintertheil, der auf dem Rücken von einer scheiben- oder lappenförmigen Duplicatur der äußeren Bedeckungen, von dem sog. Mantel umhüllt wird. Der Vordertheil trägt außer den Tentakeln, die nicht selten fehlen, noch ein ansehnliches muskulöses Gebilde, den sog. Fuß, der das hauptsächlichste Locomotionsorgan der Mollusken darstellt und an der Bauchfläche des Hinterleibes sich hinab erstreckt. Nach vorn reicht der Fuß bis zu der Mundöffnung, die am äußersten Ende des Körpers gelegen ist. Er begrenzt dieselbe nach unten, während im obern Umkreis oder zu den Seiten die sog. Segel gelegen sind, die während der früheren Stadien der Entwicklung bei den Mollusken gewöhnlich eine sehr mächtige Größe besitzen, späterhin aber in einem verschiedenen Grade verkümmern.

Fig. 27.

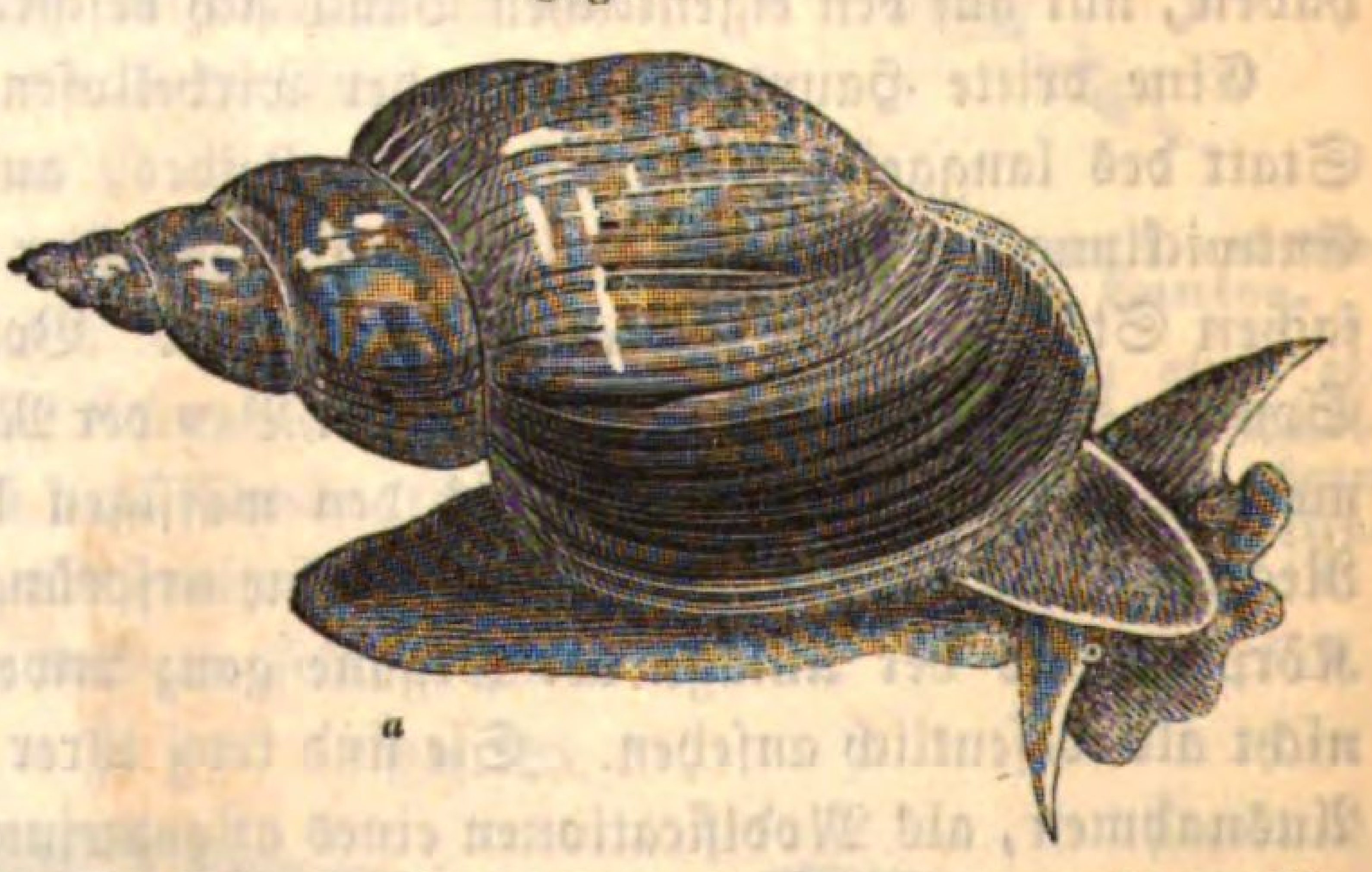


Schematische Darstellung eines Molluskes.
a. Hinterleib mit Mantel, b. Segel, c. Fuß.

Die Schale ist stets mit dem Hinterleib der Mollusken, und zwar mit der Rückenfläche desselben, in Verbindung und richtet sich in Form und Entwicklung nach dem Mantel, der als das Bildungsorgan derselben anzusehen ist. In der Regel liegt sie auf der äußern Fläche dieses Körpertheils. Nur in seltenen Fällen, wie z. B. bei unserer gewöhnlichen Gartenschnecke ꝛc. und bei den meisten Cephalopoden, in demselben eingebettet.

Die Entwicklung und der Zusammenhang der genannten Gebilde bietet manchfache, sehr beträchtliche Verschiedenheiten und bedingt dadurch einen großen und auffallenden Wechsel der äußeren Formen.

Fig. 28.

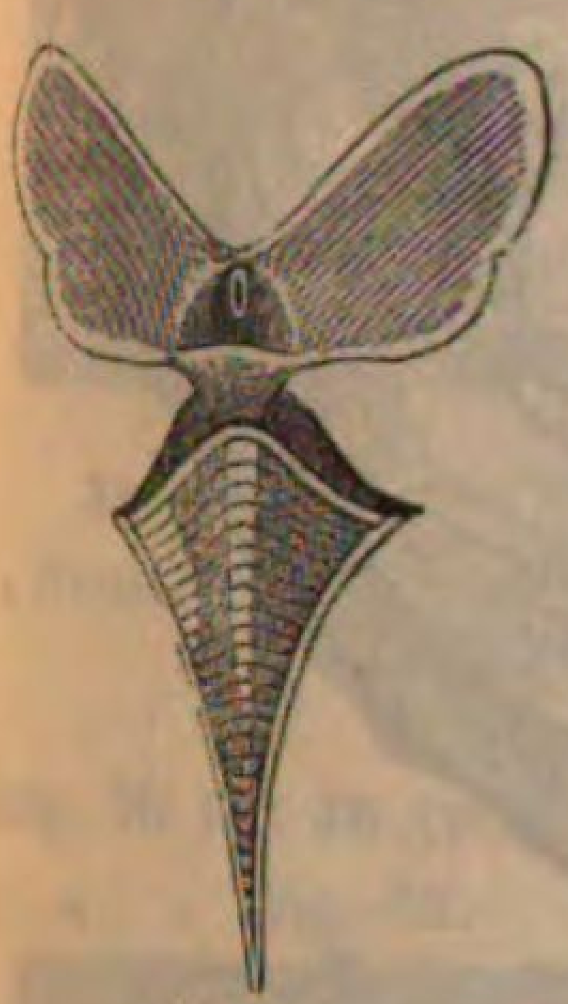


Gewöhnliche Teichhornschnecke, Lymnaeus stagnalis.
a. Fuß.

Bei den Gasteropoden, die wir gewissermaßen als diejenige Gruppe ansehen können, in welcher die typische Organisation der Mollusken die regelmäßigste Ausbildung zeigt, ist der Fuß gewöhnlich in der Gestalt einer rundlichen oder ovalen Scheibe an der ganzen Bauchfläche des Körpers angeheftet. Er bildet das Locomotionsorgan dieser Thiere, durch dessen allmälige wellenförmige Contractionen der ganze Körper langsam schleichend auf einer Fläche fortgeschoben wird. So z. B. bei unserer gewöhnlichen Garten- und Wasserschnecke. Der Hinterleib liegt auf der Rückenseite des Fußes hinter dem Kopfe und ragt, wie ein Bruchsack, nach oben empor. Er ist in seinem ganzen Umfang vom Mantel umschlossen und trägt auf seiner äußern Fläche ein ansehnliches, meist spiralig gewundenes Gehäuse. Der Rand des Mantels springt wulstförmig vor und wird durch eine ringförmige Furche von Kopf und Fuß geschieden. Ganz ähnlich ist der Bau bei den übrigen Gasteropoden. Die wichtigsten Verschiedenheiten, die in ihnen vorkommen, betreffen theils die Segel, die bei den Lungenschnecken z. B. von Anfang an sehr rudimentär

sind (die sog. Lippenwulste darstellen), theils den Fuß. Die Segel verschmelzen häufig in der Mittellinie oberhalb des Mundes, ziehen sich in anderen Fällen zipfelförmig aus u. s. w. Nur selten bleiben sie ansehnliche Anhänge, wie z. B. bei Thetys. Der Fuß verkürzt sich häufig, so daß der Hinterleib ihn überragt, verwächst auch oft mit der anliegenden Fläche des Hinterleibes u. s. w. Die auffallendste Metamorphose erleidet der Fuß der Pteropoden, der sich nicht bloß verkürzt, sondern auch zugleich so ansehnlich verbreitert, daß er an den Seiten des Vorderkörpers in Form von zweien ansehnlichen Flügeln oder Flossen vorspringt. In einigen Fällen erlangt dann auch der mittlere Theil des Fußes eine gewisse Selbstständigkeit, während er sonst nur, wie eine Brücke, die Verbindung der beiden seitlichen Flossen vermittelte. Aus einer solchen Weiterentwicklung des mittlern Fußtheiles ist z. B. bei Clio der sog. Halskragen entstanden.

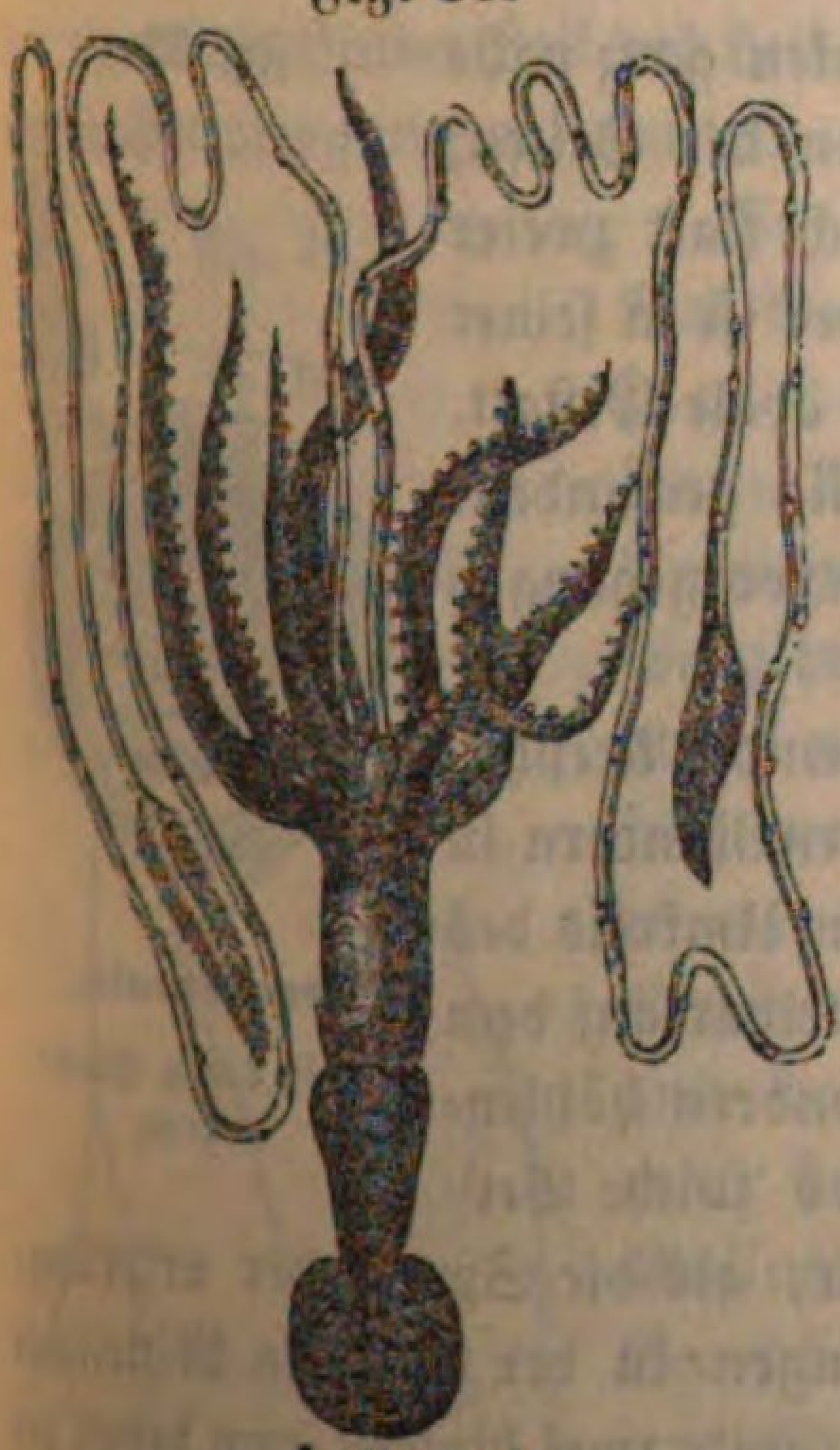
Fig. 29.



Hyalea.

Die auffallendste Metamorphose erleidet der Fuß bei den sog. Cephalopoden. Das Mittelstück desselben ist hier eine trichterförmige Röhre geworden, die hinter dem Kopfe liegt und in Form und physiologischer Bedeutung keinerlei Analogie mehr mit dem entsprechenden Gebilde der übrigen Mollusken darbietet. *) Die Seitentheile des Fußes lassen sich im ausgebildeten Zustand gar nicht mehr als eigene Anhänge nachweisen; sie sind mit den Segelhälften vollkommen verschmolzen und bilden zugleich mit diesen den kugligen vordern Theil des Leibes, den sog. K o p f, der in gleicher Entwicklung allen übrigen Mollusken fehlt, weil nirgends sonst eine derartige Metamorphose weiter vorkommt. Im Umkreis der Mundöffnung sind an diesem Kopfe 8 oder 10 lange cylindrische Arme befestigt, die wir als Verlängerungen oder Fortsätze der Seitentheile des Fußes anzusehen haben. Sie fehlen ebenfalls den übrigen Mollusken. Bei den Cephalopoden dienen sie theils zur Locomotion, theils als Greif- und Haftwerkzeuge und sind zu dem Zweck gewöhnlich mit eigenthümlichen saugnapfartigen Anhängen versehen, die übrigens in ihrer Entwicklung auch manchfache andere Formen annehmen können. Bei Nautilus z. B., einem Kopffüßler, der, wie auch Spirula, mit einer äußern, in einzelne, hinter einander gelegene Kammern getheilten Schale versehen ist, zeigen sie die Gestalt von cylindrischen Tentakeln, die noch dazu unmittelbar auf dem Kopfe aufsitzen, weil die cylindrischen Arme, welche sonst diese Anhänge tragen, hier nur kurze faltenförmige Lappen darstellen.

Fig. 30.



Loligopsis.

Eine andere Modification des Molluskenbaues treffen wir in der Classe der Acephalen. Was diese charakterisirt, ist vorzugsweise die geringe Entwicklung des Vorderleibes und die eigenthümliche Bildung des Mantels. Der erstere bildet eigentlich nirgends mehr ein zusammenhängendes Ganzes. Er ist in seine morphologischen Elemente aufgelöst, die, von einander getrennt, am Vordertheil des cylindrischen, seitlich oder auch der Länge nach zusammengedrückten Körpers angebracht sind. Die Segelhälften erscheinen als sog. L a b i a l p a l p e n, die, jederseits in einem Paare, als tentakel- oder blattförmige Gebilde, neben der Mundöffnung gelegen sind. Der Fuß ist bei den Lamellibranchiaten, wohin z. B. unsere gewöhnliche Teichmuschel gehört, wie der ganze Körper, seitlich zusammengedrückt, von beil- oder zungenförmiger Gestalt und liegt an der Bauchfläche des Vorderleibes. Er ist Locomotions-

*) Mit großem Unrecht sieht man gewöhnlich bei den Cephalopoden die Hinterleibsspitze als Körperende an. Sie bildet vielmehr den höchsten Punkt des Rückens. Die Cephalopoden sind von sehr geringer Länge. Ihr Hinterleibsende ist durch den Trichter bezeichnet.

organ, wie bei den Gasteropoden, und fehlt nur selten, wie z. B. bei der Auster, die bewegungslos ist.

Der Mantel ist, wie überall, so auch hier an der Rückenfläche des Leibes gelegen. Er bildet jederseits einen ansehnlichen Hautlappen, der den Körper in seiner ganzen Ausdehnung bedeckt, etwa wie der Umschlag ein Buch, und an seinen freien Rändern gewöhnlich mit zahlreichen kurzen Tentakeln besetzt ist. Auf seiner äußern Fläche trägt derselbe eine Schale, die aber nicht als ein einfaches horn- oder schildförmiges Gehäuse erscheint, sondern, der Anordnung des Mantels entsprechend, in zwei seitliche Stücke zerfallen ist, die in der Medianlinie des Rückens durch ein elastisches Ligament mit einander verbunden sind.

Fig. 31.



Auster, Ostrea.

Die rechte Schale ist entfernt, ebenso auch der größte Theil des rechten Mantellappens, dessen Rest bei *m'* umgeschlagen ist. *v* linke Schale mit dem Ligament *v'*, *m* linker Mantellappen, *l* Labialpalpen, zu den Seiten des Mundes *b*, *br* Kiemen, *c* Schalenmuskel, *i* Darm mit Leber, *f*, und After *a.*, *co* Herz.

Bei den Brachiopoden, die sonst den Lamellibranchiaten ganz nahe verwandt sind, bedecken diese Schalen den Körper nicht von den Seiten, sondern von oben und unten. Demgemäß findet sich auch statt zweier seitlichen Mantellappen ein oberer und unterer. Der Körper ist in seiner longitudinalen Richtung deprimirt und hat eine platte, ovale Gestalt. An seiner vordern Spitze trägt er zwei ansehnliche spiralig gewundene Arme, die aus einer Metamorphose der Labialpalpen hervorgegangen scheinen.

Fig. 32.



Terebratula,
in der einen Schale liegend.

Nicht in allen Fällen aber bleiben die beiden Mantellappen der Acephalen von einander getrennt. Oftmals verschmelzen sie mit ihren Rändern in der Medianlinie des Bauches und bilden dann eine Hülle im Umkreis des Thieres, einen sog. Mantelsack, der übrigens nicht unmittelbar auf dem eigentlichen Leibe aufliegt, sondern davon durch einen besondern höhlenförmigen Zwischenraum getrennt wird. Aber auch da, wo solche Verwachsung am vollständigsten vor sich gegangen ist, bleiben, als die Spuren der ursprünglichen Analogie, immer noch mehrere spaltförmige Oeffnungen in der ventralen Mittellinie des Mantelsackes, eine vordere zum Durchtritt des Fußes, und zwei hintere, von denen die am meisten nach dem Rücken zu liegende Kloaköffnung ist, während die andere in den von dem Mantel umschlossenen Höhlenraum (Kiemenhöhle) führt. An diesen beiden letztern Oeffnungen ziehen sich die Ränder gewöhnlich in einen kürzern oder längern Cylinder aus, in einen sog. Sipho. Beide Röhren sind bald getrennt, bald auch mit einander äußerlich zu einer gemeinschaftlichen Masse verbunden.

Fig. 33.



Tellina,
mit vorgestreckten Fuß u. Athemröhren.

Als die niedrigsten Formen der Mollusken erscheinen die Tunicaten. Was dieselben charakterisirt, ist theils die völlige Abwesenheit des Vorderkörpers mit dem Fuße, theils auch das Verhalten des schalenlosen Mantels zu den äußeren Bedeckungen. Beide sind nämlich zu einer gemeinschaftlichen Masse verwachsen, die äußerlich einen knorpligen oder lederartigen Ueberzug darstellt, welcher sehr auffallender Weise in seiner Zusammensetzung mit der Cellulose

Fig. 34.



Zusammengesetzte Ascidien.

a Mundöffnung; b Kloaköffnung, c Darmkanal mit Magen *c*.

der Pflanzen gänzlich übereinkommt. Bei den hieher gehörenden zusammengesetzten Thierformen zeigt dieser Ueberzug in einer gemeinschaftlichen Colonie einen continuirlichen Zusammenhang.

Um die Organisation dieser Thiere mit dem Typus der Mollusken in Einklang zu bringen, denke man sich, daß zwei seitliche Mantellappen, wie sie bei den Bivalven vorkommen, hier in der Medianlinie des Leibes mit einander verschmolzen seyen. Bei dem Mangel eines Fußes konnte dieser Prozeß hier natürlich weit vollständiger vor sich gehen. Der Mantel mit den unterliegenden äußeren Bedeckungen des eigentlichen Leibes bildet dann so eine sackförmige Umhüllung, die nur an zweien Punkten nach außen geöffnet ist. Bei den Ascidien, die mit dem Hintertheil ihres Leibes festsitzen, liegen die Oeffnungen, die man wohl als Mund- und Kloaköffnung zu deuten haben wird, ziemlich dicht neben einander am vordern Körperende. Bei den frei schwimmenden Salpen dagegen sind sie einander entgegengesetzt, doch nicht etwa am vordern und hintern Ende, sondern ventral und dorsal. Sie bilden die Endöffnungen eines ansehnlichen Cylinders, an dessen unterer Fläche der eigentliche Hintertheil des Leibes in Gestalt einer verhältnißmäßig nur kleinen buckelförmigen Hervorragung gelegen ist.

Fig. 35.



Salpe.

So viel von den äußeren Formverhältnissen der Mollusken. Was die Organisation der verschiedenen inneren Gebilde betrifft, so zeigt auch diese trotz ihrer großen Manchfaltigkeit einen gemeinsamen Typus. Das Nervensystem, welches überall in seiner Anordnung vielleicht von allen diesen Theilen am meisten von der Gestaltung des Leibes abhängt, besteht bei ihnen vornämlich aus dreien paarigen Ganglienmassen, deren relative Lagerung indessen sehr verschieden ist. Bald sind dieselben weit von einander getrennt, bald mehr vereinigt. Constant ist nur die Lagerung der Kopfganglien, die zu den Seiten des Oesophagus gelegen sind und durch eine oberhalb desselben hinlaufende quere Brücke unter sich zusammenhängen. Sie sind es auch, welche bei allen Mollusken vorkommen, während die übrigen Ganglien, die der Bauchfläche des Körpers angehören, bei den Tunicaten z. B. fehlen. Wo nun eine Concentration des gesammten centralen Nervensystems eintritt, da rücken diese Ganglien nach vorn. In Vereinigung mit den Kopfganglien bilden sie dann einen förmlichen Schlundring um den Anfangstheil des Verdauungsapparates.

Fig. 36.



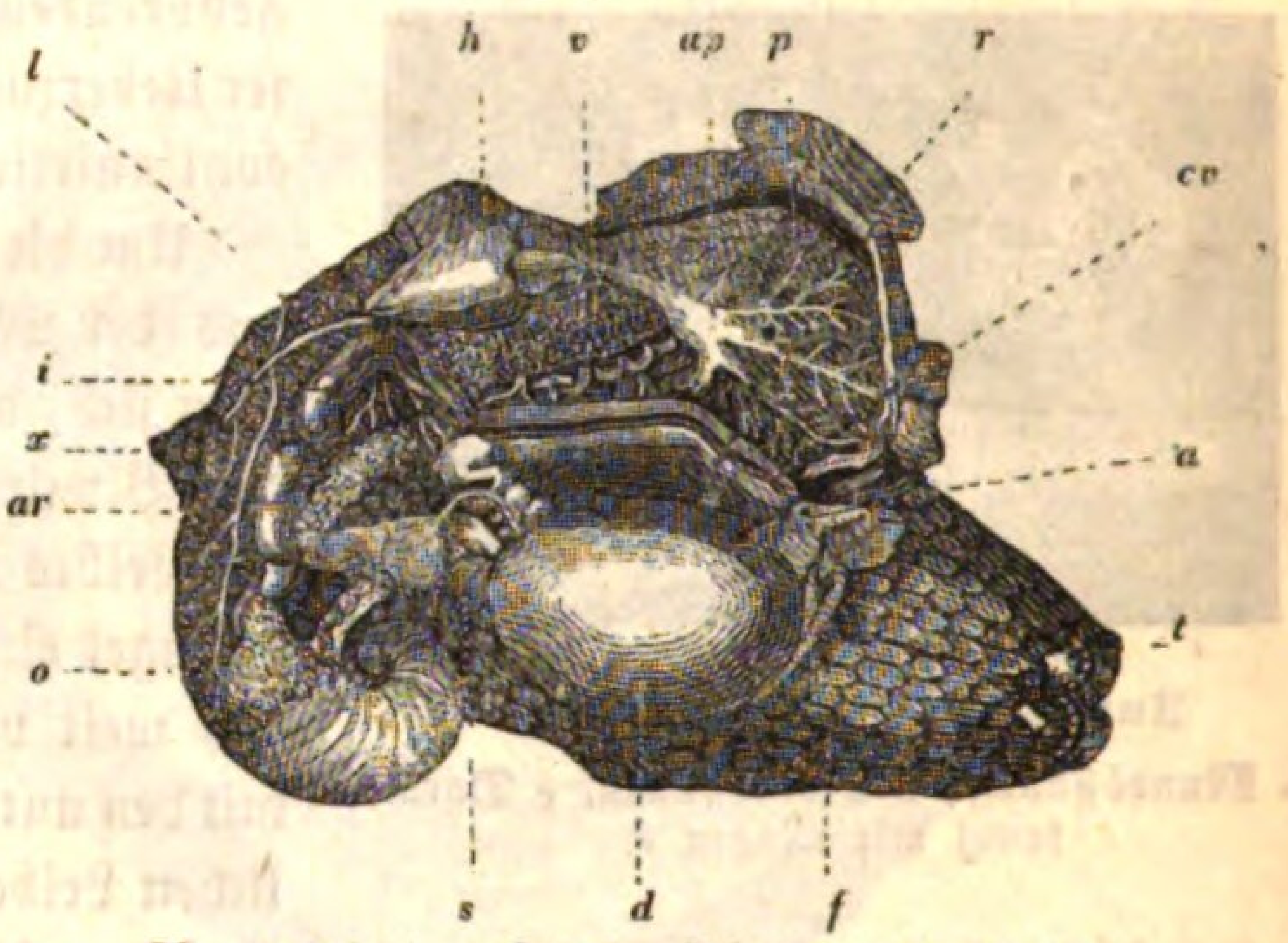
Nervensystem einer Aplysia.

A Kopfganglien, zu einer unpaaren Masse mit einander verschmolzen, *B C* die zwei anderen ventralen Ganglien, *D* sympathisches Nervensystem.

Der Verdauungskanal ist kurz, besitzt aber überall, gewiß in Uebereinstimmung mit der gedrungenen Form des Leibes, einen sackförmigen Magen. Die Anhangsdrüsen, besonders die Leber, sind mächtig entwickelt. Die Mundöffnung, eine quere Spalte, liegt stets am Vorderende des Körpers, während die Lage des Afters manchfach wechselt. Gewöhnlich ist dieselbe, wenigstens bei den höheren Mollusken, am vordern Theile des Hinterleibes, und zwar meistens, wegen der eigenthümlichen Entwicklung des Kopfes, asymmetrisch an der einen Seite. In manchen Fällen aber, wie besonders bei den Lamellibranchiaten, liegt der After auch am hintern Ende des Körpers. Ebenfalls seitlich und meist in der Nähe

des Afters ist auch gewöhnlich die äußere Geschlechtsöffnung gelegen. Nur in seltenen Fällen ist dieselbe doppelt. Wie schon hieraus abzunehmen ist, zeigt der **Genitalapparat** sehr häufig ebenfalls eine asymmetrische Entwicklung und Lage. Er ist von den Decken des Hinterleibes verschlossen, der überhaupt bei den Mollusken fast die ganze Masse der Eingeweide enthält. Hier liegt auch das **Herz**, in der Regel ein kurzes, weites, sackförmiges Gefäß mit starken muskulösen Wandungen. Dieses Herz bildet den einzigen constanten Theil des Gefäßsystemes, da Venen und Arterien mitunter vollkommen fehlen. Selbst da übrigens, wo diese möglichst vollständig entwickelt sind, bleibt der Circulationsapparat stets lacunös. Ueberall bildet die Leibeshöhle einen weiten venösen Sinus. Das Herz hat seine Lage unmittelbar unter den äußeren Bedeckungen des Rückens, auch bei den Cephalopoden, obgleich hier scheinbar die relative Lage zum Körper eine abweichende ist; die sog. Bauchfläche des Hinterleibes, wo dasselbe hier angetroffen wird, kann morphologisch nur als die hintere absteigende Fläche des Rückens gedeutet werden, die wegen der eigenthümlichen Entwicklung des Fußes eine differente Lage angenommen hat. Zwischen Herz und Darmkanal ist der Geschlechtsapparat eingeschoben.

Fig. 37.

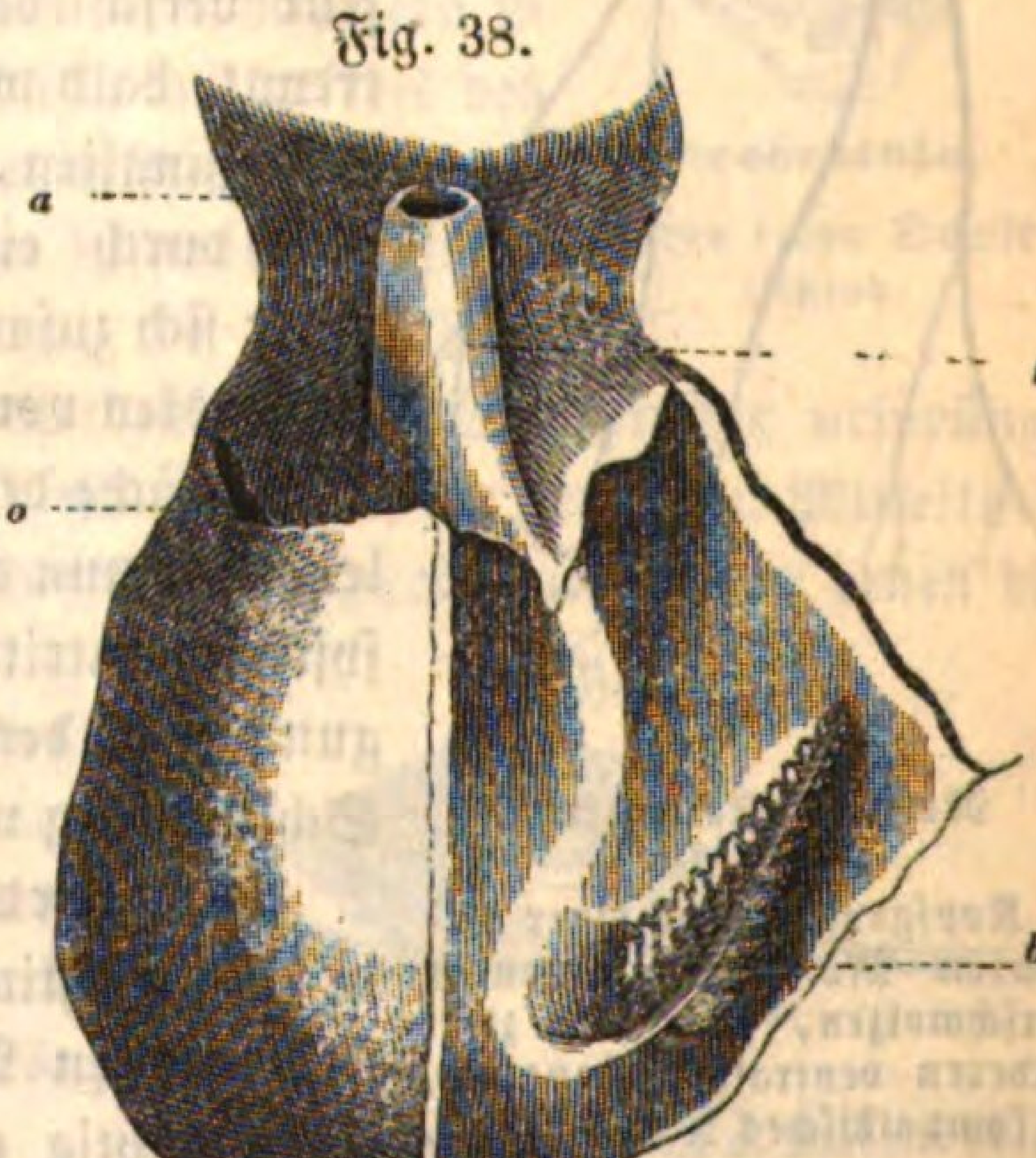


Anatomie der Gartenschnecke (Helix).

f Obere Hautbedeckung des Vorderkörpers, an dem bei *t* die halb eingezogenen vorderen Fühler befestigt sind. *i*, *r* Darm mit Magenanschwellung *s* und Leber *l*, *a* After, *o* Geschlechtsdrüse mit Ausführungsgang *cv* und accessorischer Drüse *v*, *h* Herz mit arteriellen (*ar*) und venösen (*ap*) Gefäßen, *p* Athemhöhle, die durch die Muskelscheidewand *d* von der Eingeweidehöhle getrennt ist, *x* Ende des Fußes.

Die **Respirationsorgane** der Mollusken gehören beständig den äußeren Bedeckungen des Leibes an. Sie sind bloße locale Entwicklungen desselben und erscheinen nach ihrer typischen Anordnung als zwei symmetrische, in den Seitentheilen der Mantelfurche zwischen dem untern freien Rande des Mantels und dem eigentlichen Körper gelegene Kiemen, deren manchfache Formen sich auf die einer einfachen Feder mit Schaft und Fahne zurückführen lassen. Sehr häufig übrigens vertieft sich die Mantelfurche an der Anheftungsstelle der Kiemen zu einer förmlichen Höhle, in der dann die betreffenden Gebilde selbst verborgen sind. In einigen Fällen, bei den sog. Lungenschnecken (vergl. Fig. 38), findet sich selbst eine entsprechende Höhle ohne Kiemen, während in anderen Fällen, wo ebenfalls eigentliche Kiemen fehlen, die äußere Oberfläche des Mantels entweder in ganzer Ausdehnung oder vorzugsweise nur an bestimmten, zu besonderen Anhängen entwickelten Stellen die Function des Athmens übernommen hat, wie z. B. bei Doris im Umkreis des Afters.

Fig. 38.



Kiemen des gem. Tintenfisches (Octopus).

Die Kiemenhöhle ist durch einen Längsschlitz geöffnet, an der linken Seite aufgedeckt. *b* Kieme, *o* Oeffnung der rechten Kiemenhöhle, *t* Trichter, *a* Kopf.

Eine vierte Hauptabtheilung der Wirbellosen sehen wir in den **Echinodermen**. Statt der seitlich symmetrischen Entwicklung des Leibes, die mehr oder minder bei allen bisher betrachteten

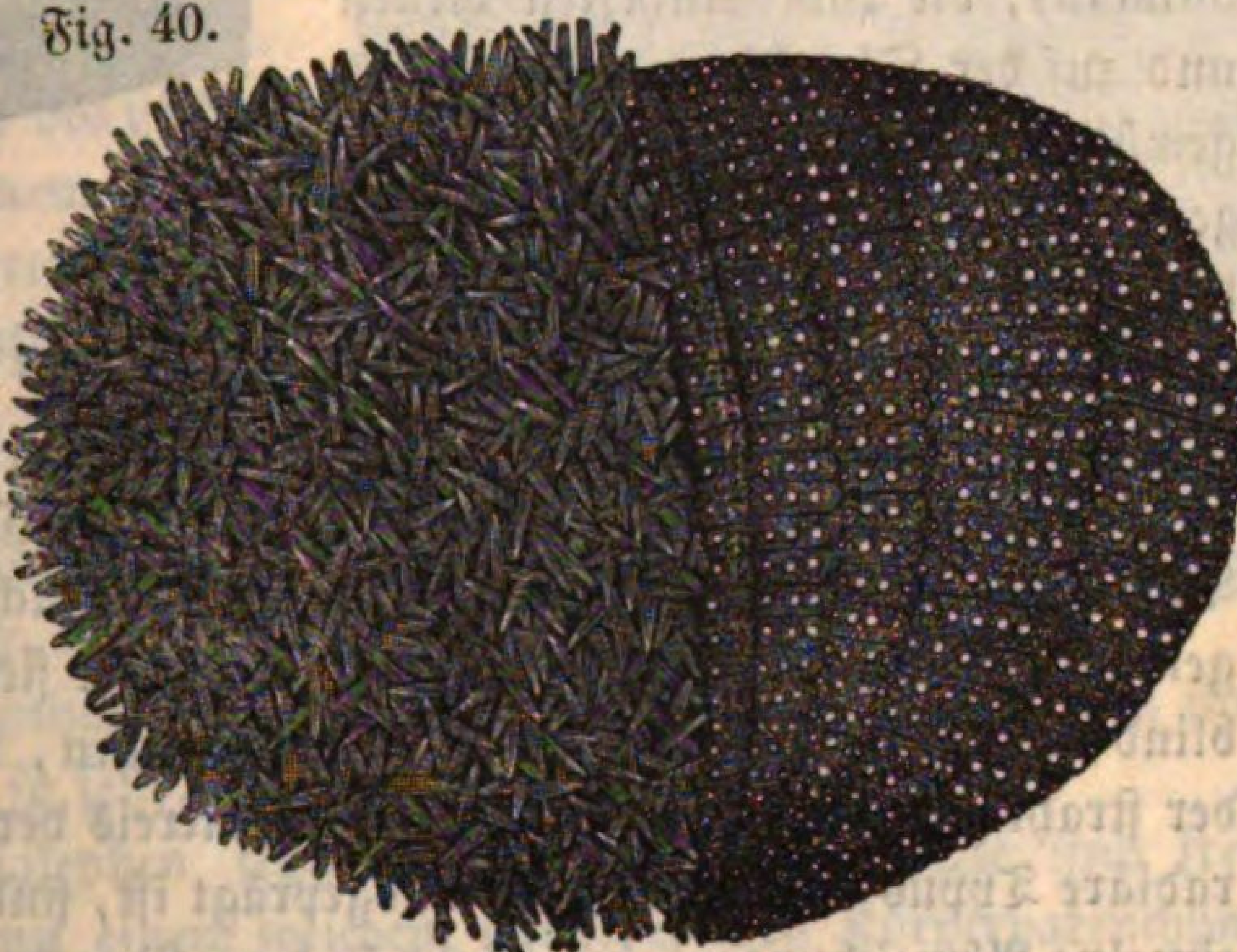
Fig. 39.



Doris.

Thierformen herrschte, beginnt mit diesen eine abweichende radiäre Anordnung. — Ein Unterschied zwischen Rechts und Links, Rücken und Bauch, hat aufgehört; die mittlere Längsebene des Körpers, die sonst Rechts und Links begrenzte, ist zu einer centralen Längsachse geworden, um welche die Organe und Eingeweide des Körpers in mehrfacher Zahl und gleichmäßigen Zwischenräumen sich gruppirt haben. Nur noch ein Vorn und Hinten läßt sich unterscheiden, ist aber nach der gewöhnlichen normalen Lage zu einem Oben und Unten geworden.

Fig. 40.



Schale des Seeigels (Echinus), in der rechten Hälfte von den Stacheln entblößt.

Die Grundform des Leibes bei den Echinodermen ist die Form einer Kugel. Wir treffen sie bei den Echinen. Durch eine Verlängerung der Achse entsteht aus ihr die gestreckte, walzenförmige Gestalt der Holothurien, durch eine Verkürzung der platte, scheibenförmige Körper der Seesterne. Der letztere ist aber nchit gleichmäßig rund, sondern entweder eckig, oder mit strahlenförmigen Fortsetzungen versehen, den sog. Armen, die nach einem bestimmten Zahlengesetz (meistens in einer Anzahl von 5 oder auch 10) von der mittlern Körperscheibe ausgehen und eine sehr verschiedenartige Entwicklung darbieten. Niemals übrigens sind diese Arme eigene, morphologisch selbstständige Bildungen; überall vielmehr bloße radiale Fortsetzungen des Leibes, auch da, wo die Leibeshöhle sich nicht mehr in sie hinein erstreckt, wo sie als solide, gegliederte Anhänge erscheinen (Ophiuren), die hie und da sogar manchfach sich verästeln (Crinoideen). Schon bei den Echinen und einigen Holothurien finden wir die Andeutungen solcher strahligen Armfortsätze in den längs verlaufenden Firsten der äußern Körperwandung.

Fig. 41.



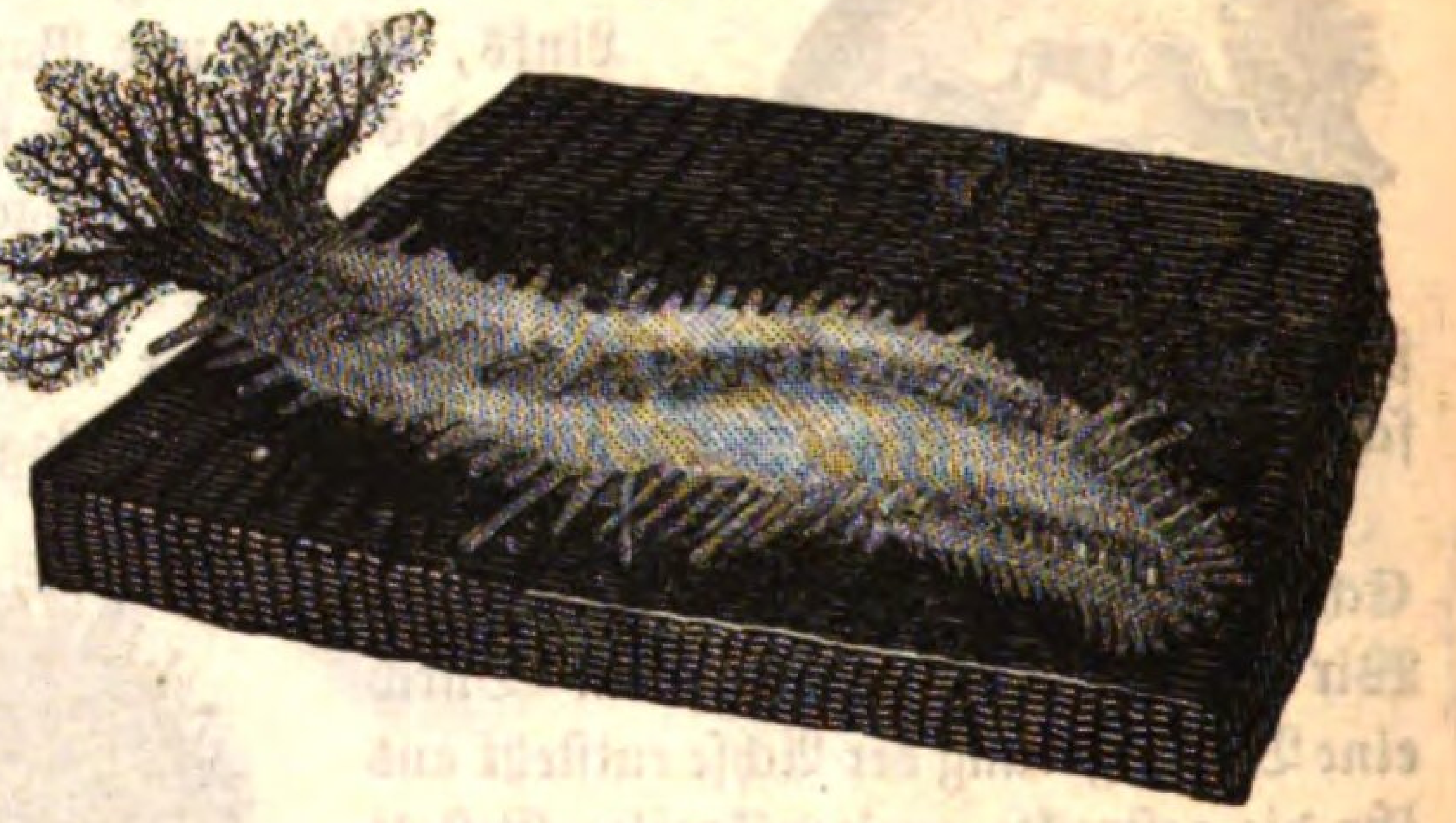
Asteropecten.

Nicht zu verwechseln mit diesen Armen sind die büschel- und tentakelförmigen Anhänge am vordern Körperende einiger Echinodermen, besonders der Holothurien, die gewöhnlich in einem Kranze die Mundöffnung umgeben.

Die äußeren Bedeckungen der Echinodermen enthalten in der Regel eine sehr beträchtliche Menge von Kalksalzen, durch welche dieselben zu einem förmlichen mehr oder minder festen Skelet mit manchfachen zangen- und stachelförmigen Fortsätzen erhärten. Nicht immer aber beschränkt sich die Skeletbildung auf die äußeren Bedeckungen. Bei den Asteriden und Crinoideen findet sich zur Stütze der Arme auch ein inneres Skelet, welches übrigens nach seinen physikalischen Eigenschaften von dem äußern keinerlei erhebliche Differenzen darbietet.

Um aber auch bei einer solchen Anordnung dem Körper eine bestimmte Beweglichkeit zu sichern, findet sich bei den Echinodermen (mit Ausnahme der eines jeden Skelets entbehrenden Sipunculiden) ein ganz besonderer Apparat von Locomotionsorganen. Es besteht derselbe in einer großen Anzahl contractiler röhrenförmiger Füßchen (ambulacra), die zum Anheften dienen und auf der Oberfläche des Körpers gewöhnlich in einer sehr regelmäßigen Gruppirung hervorragen. Nur in seltenen Fällen sind die Echinodermen im ausgebildeten Zustand ohne Locomotion, wie z. B. die mit dem hintern Leibesende festgehefteten Crinoideen.

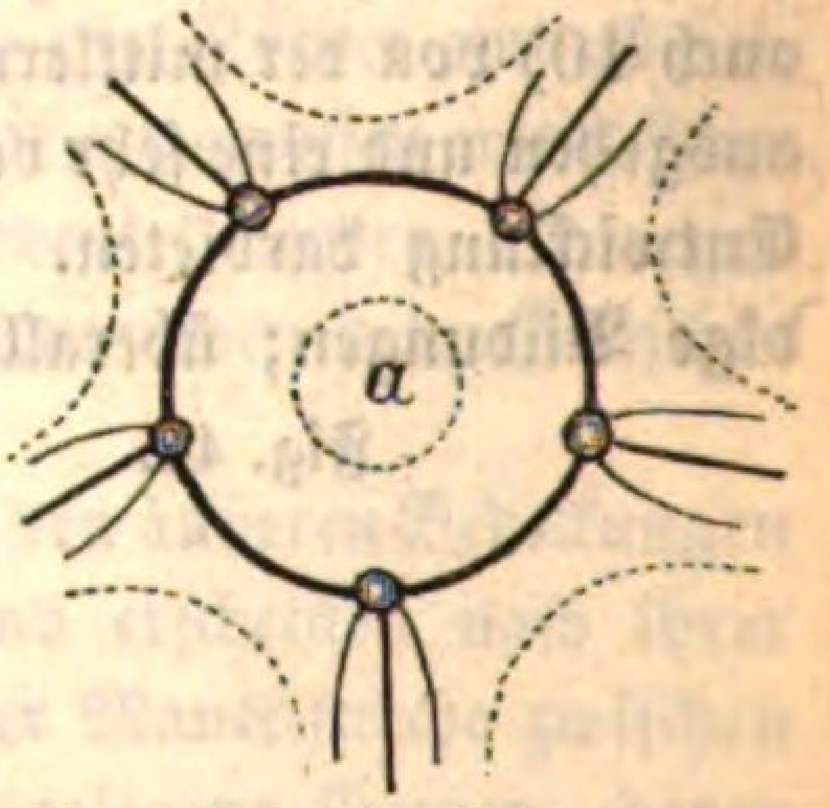
Fig. 42.



Holothurie (Pentactes),
mit ausgestreckten Tentakeln und Füßchen.

Die Mundöffnung der Echinodermen ist im Centrum des vordern Körperendes gelegen. Von da erstreckt sich der Darm in der Längsachse des Leibes nach dem Hinterende, wo, gewöhnlich ebenfalls im Mittelpunkt, der After sich vorfindet. Nur selten ist der Darmkanal blind geendigt. Die übrigen Eingeweide liegen, übereinstimmend in ihrer Anordnung mit der strahligen Form des Körpers, im Umkreis der Centralachse. Nur da, wo überhaupt der radiäre Typus minder deutlich ausgeprägt ist, finden sich hiervon einzelne Abweichungen, besonders in dem Bau der Geschlechtsorgane, die in einzelnen Gruppen eine seitlich symmetrische Anordnung darbieten. Die Centraltheile des Nervensystems bilden um den Anfangstheil des Darms ganz constant einen förmlichen Ring, von dem aus die Nervenstämme, meistens alle ganz gleichmäßig entwickelt, nach der Peripherie hinstrahlen. Das Gefäßsystem zeigt einen ähnlichen Bau. Es ist überall wahrscheinlich vollständig geschlossen. Die Respirationsorgane sind theils äußere, und bestehen dann aus den oben erwähnten Tentakeln und Füßchen, theils auch besondere innere Gebilde.

Fig. 43.



Schematische Darstellung vom Nervensystem eines Seesternes.

Nach demselben radiären Typus gebaut sind auch die Acalephen und Polypen, zwei Thierklassen, die übrigens sonst von den Echinodermen sehr verschieden sind, während sie unter einander nach dem allgemeinen Plan ihrer Organisation so auffallend übereinstimmen, daß sie als eine gemeinschaftliche große Abtheilung des Thierreichs anzusehen sind. Nicht ganz unpassend vielleicht könnte man diese, wie mir scheint, wegen der eigenthümlichen Anordnung ihrer Leibeshöhle als die Gruppe der Cölenteraten bezeichnen.

Die verschiedenen Formen dieser Geschöpfe wiederholen im Allgemeinen dieselben Verhältnisse, die wir oben bei den Echinodermen erwähnt haben. Auch bei ihnen ist die Form einer Kugel, wie sie z. B. bei den Rippenquallen vorkommt, als die Grundgestalt anzusehen. Die cylindrische Form der Polypen, so wie die platte, scheibenförmige Gestalt der Medusen läßt aus ihr durch eine centrale Verlängerung oder Depression sehr leicht sich ableiten. Nicht selten übrigens sind diese beiden Modificationsweisen jener typischen Form mit einander combinirt. So bei den meisten Scheibenquallen, wo dem Centrum der Körperscheibe noch eine vordere cylindrische Verlängerung, ein sog. Mundstiel, aufgesetzt ist.

Im Umkreis des vordern Leibesendes stehen sonst überall, gewöhnlich in einem festen, durch die gesammte Organisation bestimmten Zahlengesetze (mit dem Factor 4), noch besondere cylindrische Anhänge, die sog. Tentakel (oder Arme). Bei den Medusen finden sie sich am Rande der Körperscheibe, nicht an dem Mundstiel, obgleich auch dieser nicht selten mit manchfachen lappigen Fortsätzen versehen ist. Wo sie fehlen, sind statt ihrer, mitunter bei

den Rippenquallen, an den Seiten des Körpers paarige *contractile* Fäden, die sog F a n g f ä d e n, entwickelt.

Fig. 44.



Scheibenqualle (Pelagia).

Die äußeren Bedeckungen der Polypen sind in der Regel in geringerer oder größerer Ausdehnung erhärtet und verkalkt. Sie bilden dann ein förmliches äußeres Skelet, ein Gerüst, welches zum Schutze des Leibes dient und nicht selten das ganze Thier, wie es auch bei den Bryozoen der Fall war, in seine innere Höhle aufnehmen kann. Sehr häufig beschränkt sich diese Verkalkung aber nicht auf die äußeren Bedeckungen. Auch die inneren muskulösen Gebilde des Leibes können daran Theil nehmen. — Die mit einem solchen starren Gerüst versehenen Polypen entbehren der Locomotionsfähigkeit. Sie sind mit dem Hintertheil des Leibes festgeheftet und bilden durch eine fortgesetzte ungeschlechtliche Vermehrung mit Hülfe äußerer Knospen (seltener durch Theilung) allmälig jene mächtigen Riffe und Klippen, die unter dem Namen der Korallenbänke bekannt sind und die Meere der Tropen für die Schiffenden so sehr verderbenbringend machen.

Fig. 45.



Skelet mit Weichtheilen von Caryophyllia.

Bei den Akalephen fehlt ein solches Skelet. Sie sind frei beweglich und mit einem weichen, gallertartigen Körperparenchym versehen. Bald sind es die gleichmäßigen, rhythmischen Contractionen der Körperscheibe, welche die Locomotion vermitteln, bald besondere äußere Apparate. Hieher gehören die schwingenden Wimpern der Rippenquallen, die, den Füßchen der Echinodermen vergleichbar, in strahlenförmigen Längsreihen auf der äußern Körperoberfläche befestigt sind, hieher die knorpligen Schwimmlogen an dem gemeinschaftlichen Leibe der sog. Saugquallen, jener merkwürdigen zusammengesetzten Geschöpfe, welche, wie die neuen Untersuchungen von S a r s uns gezeigt haben, nicht selbstständige Thierformen sind, sondern, wie die unter dem Namen der Hydroiden früher zu den Polypen gerechneten Thiere nur die ersten der Form nach so sehr abweichenden Generationen von Scheibenquallen darstellen.

Fig. 46.



Korallenstamm.

Die Mundöffnung der Cölenteraten liegt beständig im Mittelpunkt des vordern Körperendes. Ein besonderer V e r d a u u n g s k a n a l fehlt entweder gänzlich, oder ist doch, wenn er vorkommt, durch eine hintere weitere Oeffnung mit der geräumigen Leibeshöhle in freier Communication. Er erscheint in diesem Fall beständig als ein kurzer, in der Längsachse nach hinten herabsteigender Cylinder. Bei der Abwesenheit eines solchen besondern Darmkanals vertritt die Leibeshöhle dessen Stelle. Diese ist auch der Sitz der Circulation, die aber hier nicht etwa durch Hülfe besonderer contractiler Motoren vermittelt wird, sondern durch die eigenthüm-

Fig. 47.



Polypenförmiger Ammenstock von Scheibenquallen (Sertularia).

lichen schwingenden Bewegungen einer Flimmerbekleidung. Die Anordnung der Leibeshöhle ist übrigens sehr merkwürdig und charakteristisch für die Abtheilung der Cölenteraten. Bei den ausgebildeten Thieren bildet sie nämlich nirgends eine einfache cylindrische Höhle (wie bei den unausgebildeten Ammenformen der Hydroiden und Saugröhrenquallen), sondern wird durch eine Anzahl radialer, von der Peripherie nach der Centralachse hinstrahlender Scheidewände in eine Menge blindsackiger Nebenhöhlen vertheilt, die bei den Quallen nicht selten als gefäßartige Kanäle erscheinen und wegen dieser abweichenden Form zu den manchfaltigsten fälschlichen Annahmen Veranlassung gegeben haben.

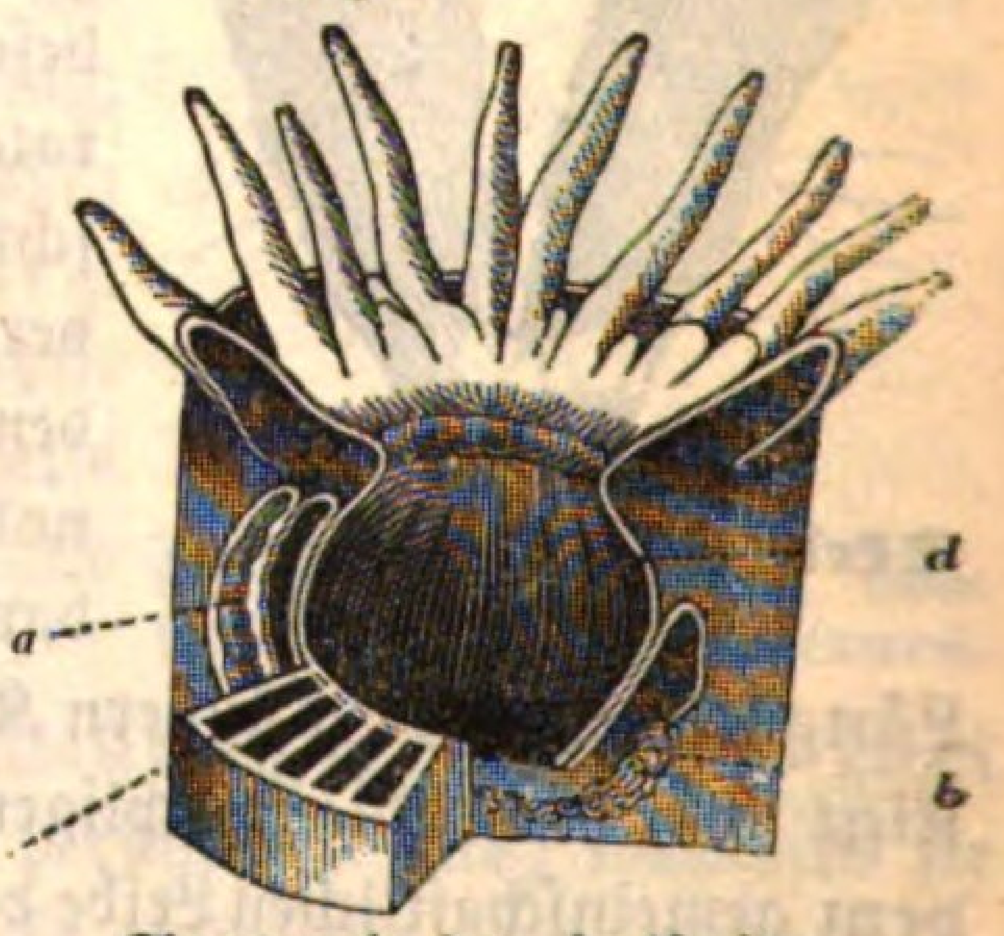
Fig. 48.



Mundöffnung einer Actinia im Centrum d. mit Tentakeln besetzten Kopfscheibe.

Im Umkreis der Leibeshöhle liegen die Geschlechtsorgane, die in das Parenchym des Leibes eingebettet sind und in ihrer Menge nach dem Zahlenverhältniß des Körpers sich richten. Der Bau des Nervensystems ist noch nicht überall mit Sicherheit gekannt, doch scheint er gleichfalls in Uebereinstimmung mit der ganzen typischen Gestaltung des Leibes, nach einem radiären Plane angeordnet zu seyn. Die Ganglien liegen in der Peripherie der hintern Leibesmasse, bei den Medusen im Umkreis des glockenförmigen Körpers (des — mit Unrecht — sog. Mantels), bei den Polypen in der Fußscheibe.

Fig. 49.



Anatomie der Actinia. *d* Magenhöhle, *c* radiäre Scheidewände der Leibeshöhle im Querschnitt.

Viel einfacher, wie es scheint, ist die Organisation der Protozoen, jener merkwürdigen, mikroskopischen Thiere, die durch die Manchfaltigkeit ihrer Formen und die Eigenthümlichkeit ihres Vorkommens schon seit lange die Aufmerksamkeit der Naturforscher auf sich gezogen haben, obgleich sie erst in neuerer Zeit Gegenstand einer strengern wissenschaftlichen Untersuchung geworden sind. Bekannt sind namentlich die großen Verdienste, die sich Ehrenberg um die Erforschung dieser Geschöpfe, wenigstens der dazu gehörenden Infusorien, erworben hat. Fast alle unsere Kenntnisse von diesen interessanten Formen verdanken wir dem unermüdlichen Fleiß des berühmten Zoologen. Was derselbe übrigens von deren Organisation behauptet, hat manchfachen Widerspruch gefunden und ist zum Theil auch wirklich sehr hypothetisch. Mit Sicherheit kann man sich weder von der Anwesenheit eines Darmes und Geschlechtsapparates, noch von der eines Nervensystemes bei denselben überzeugen. Dazu kommt, daß Ehrenberg viele infusorische Gebilde für Thiere gehalten, die ganz offenbar theils (wie die Bacillarien, Closterien u. A.) ausgebildete niedrige Pflanzen sind, theils auch (wie die Monaden) die Sporen verschiedener Algenarten. Andere sog. Infusorien sind vielleicht nur unentwickelte und verkümmerte Individuen von höheren Thieren, besonders von Würmern, mit denen sie häufig eine sehr große Aehnlichkeit haben. Sind wir auch im gegenwärtigen Augenblicke noch keineswegs zu einem Urtheil über die Natur aller dieser Gebilde vollkommen berechtigt, so scheint es doch nicht unmöglich, daß im Lauf der Zeit die gesammte Gruppe der Protozoen, als entwickelter, selbstständiger Thierformen, aus dem zoologischen Systeme verschwinden werde.

Die Form der Protozoen ist gewöhnlich rund oder abgeplattet, oval. Die äußeren Bedeckungen sind in der Regel weich, nur selten zu einem Gehäuse erhärtet. In manchen Fällen finden sich aber auch förmliche äußere Schalen, die wahrscheinlich einem Secretionsproduct der äußeren Bedeckungen ihren Ursprung verdanken. So besonders bei den Polythalamien, jenen merkwürdigen Formen, deren gekammerte Schalen lange Zeit hindurch zu der Annahme Veranlassung gegeben hatten, daß die von ihnen umschlossenen Thiere mit den Cephalopoden verwandt seyen. Die neueren Untersuchungen dagegen haben dieselben als Protozoen nachgewiesen, und zwar als förmliche Thierstöcke, deren einzelne Individuen je eine besondere Kammer der gemeinschaftlichen Schale bewohnen. Nur wenige Infusorien sind mit ihrem Hinterleibsende nach Art der Polypen befestigt. Die Meisten sind mit Hilfe besonderer wimperartiger Anhänge von sehr manchfaltiger Form und Gruppirung zu selbstständigen Ortsbewegungen befähigt. Bei den sog. Rhizopoden aber fehlen solche Anhänge. Dafür hat der Körper dieser Infusorien die merkwürdige Fähigkeit, an verschiedenen Stellen sich in finger= und fadenförmige Fortsätze zu verlängern, die nach der Willkür des Thieres wiederum in die gemeinschaftliche Leibesmasse zurücktreten können. Die Gregarinen, die wir einstweilen gleichfalls den Protozoen zurechnen, bewegen sich nach Art der Würmer durch abwechselnde Contractionen der äußeren Bedeckungen. Die Organisation der Infusorien scheint im Allgemeinen kaum den gewöhnlichen Bau einer thierischen Zelle zu überragen. Wie diese, besitzen jene Thiere eine äußere structurlose Hülle, einen homogenen, meistens glashellen oder körnigen Leibesgehalt und darin eingebettet ein festes, kernartiges Gebilde von verschiedener Gestalt und öfters in mehrfacher Anzahl. Daneben zeigen sich bei den Infusorien und Rhizopoden im Innern noch einzelne pulsirende Bläschen. Viele Protozoen entbehren einer jeden äußern Oeffnung; andere dagegen haben einen deutlichen Mund mit kurzem, cylindrischen Oesophagus, oft auch einen After. Ein geschlossener Darm aber scheint überall zu fehlen. Er läßt sich wenigstens mit Bestimmtheit nirgends nachweisen. Auch berechtigt uns die Anwesenheit jener Oeffnungen noch keineswegs zu dem Schluß, daß damit nothwendig ein solches Gebilde zusammenhängen müsse. Bei den Cölenteraten finden wir ja ein ganz analoges Verhältniß. Auch sind in neuerer Zeit einfache thierische Zellen bekannt geworden (aus den Secretionsorganen der Insekten), die gleichfalls eine äußere Oeffnung besitzen.

Fig. 50.



1. Vorticella; 2. Stylonychia; 3. Chilodon.
a Oesophagus, *b* Kern, *c* contractiles Organ, *d* Speiseballen.

Fig. 51.



a **Gregarina.**
b **Gr. scolopendræ.**

Ebenso zweifelhaft, als die thierische Natur mancher Infusorien, ist die der Schwämme. Auch diese Gebilde sind wahrscheinlich Pflanzen, obgleich manche Zoologen sie noch immerfort den Thieren zurechnen. Was zu solcher Annahme Veranlassung gegeben hat, ist vorzugsweise die Aehnlichkeit, welche das Gewebe dieser Geschöpfe mit den Polypenstämmen darbietet. Es besteht aus vielfach sich durchkreuzenden hornigen Fasern, in welche eine große Menge spießförmiger Kalkmassen eingelagert ist, und wird von einem Systeme wasserführender Kanäle durchsetzt, die mit kleinen Poren auf der Oberfläche beginnen und in immer größere Stämme sich ergießen. Auch diese münden endlich durch größere Oeffnungen nach außen. Ein eigentlicher thierischer Leib fehlt den Schwämmen. Ebenso jede Reizbarkeit und Bewegung. Alles dieses verweist die Schwämme aus dem Reich der Thiere zu den Pflanzen, mit denen sie auch in der Fortpflanzungsweise übereinstimmen. Ihre Sporen bewegen sich durch eine Ciliarbekleidung, wie die Sporen mancher Algen.

Fig. 52.



Seeschwamm, Spongia.

Erste Abtheilung.

Organe und Functionen der Erhaltung des einzelnen Thiers.

Indem wir eine kurze Uebersicht über die Veränderungen der Größe und des Baues, welche die Thiere in ihrem Lebenslaufe erleiden, einem spätern Abschnitte vorbehalten, fassen wir für jetzt das Thier als ein gebildetes, ausgewachsenes auf. Bei diesem tritt es dann in die Augen, daß es, ohne darum im Durchschnitte an Masse zu gewinnen, fortwährend genöthigt ist, Nahrung zu sich zu nehmen.

Die Geschichte dieser Nahrung ist gewissermaßen die Geschichte des Thieres, seine Physiologie, wenn wir von dem Antheile absehen, welchen das Geschlechtsleben an den Thätigkeiten des Thieres hat.

Wollen wir von der Nahrungsaufnahme sprechen, so kommen die Gefühle zur Sprache, durch welche dem Thiere das Bedürfniß der Nahrung sich vorstellt, die Instinkte, durch welche es zu den zweckmäßigen Mitteln der Befriedigung geleitet wird, die Apparate der Bewegung, welche in der manchfaltigsten Weise für die Erlangung der Nahrung thätig sind. Dann sehen wir die Nahrungsmittel der Einwirkung verschiedener Organe ausgesetzt, deren Endzweck es ist, das Brauchbare für den Körper zu gewinnen, nachdem mehr oder weniger bedeutende Veränderungen damit vorgegangen sind, das Unbrauchbare aber, dessen die von der Natur gegebenen Nahrungsmittel mehr oder weniger enthalten, aus dem Körper zu entfernen. Das eigentlich Ernährende wird dann ein Theil der Säftemasse des Körpers, es dringt aufgelöst in alle Organe und indem wir es soweit verfolgt haben, kommen dann die Verluste zur Sprache, welche die Organe des Körpers fortwährend erleiden, so daß eben dadurch die Ernährung stets nothwendig bleibt. Diese Verluste führen uns zu Ueberlegungen über die Natur der Function der Organe, welche davon betroffen werden und leiten ferner zur Physiologie der Ausscheidungsorgane, durch welche die zersetzten Bestandtheile der Organe in aufgelöster Form den Körper verlassen.

Diese ganze Reihe von Thätigkeiten des Thierkörpers theilt man nicht übel in zwei große Gruppen, die vegetativen und die animalischen Functionen.

Freilich greifen diese Gruppen vielfach in einander. Wenn wir von dieser Eintheilung Gebrauch machen, so werden wir für die Betrachtung der sogenannten vegetativen Funktionen hauptsächlich die Geschichte des organischen Stoffes zum Leitfaden zu nehmen haben. Wir betrachten ihn als Nahrungsmittel, als Inhalt des Darmes, der Blut- und Lymphgefäße, als Flüssigkeit, welche sämmtliche Organe durchtränkt und aus welcher die Gewebe sich ergänzen; sodann als Ausleerungsstoff.

Für die Erklärung der Metamorphosen der Materie haben wir aber auch schon in dieser Abtheilung uns mit Organen zu beschäftigen, welche wesentlich thierisch, nur in Thieren möglich sind. Darmkanal, Drüsen, Herz, Gefäße u. s. w. besitzen Nervenfasern und contractile Fasern, welche den Pflanzen fremd sind. Die Thätigkeit dieser Organe ist nur insofern den pflanzlichen ähnlich, als sie unwillkürlich und unbewußt geschieht. Auch die

Art des Nahrungsmittels und seine Schicksale sind im thierischen Körper eigenthümliche. Was man aber als Spitze dieser sog. vegetativen Thätigkeiten bezeichnen darf, die eigentliche Festbildung, erscheint uns durch die dem Thier- und Pflanzenreiche gemeinsame Zellenbildung so entschieden pflanzlich in den Thieren, daß wir darum allein schon jene Eintheilung beibehalten dürfen. Eben so ist die Bewegung des Flüssigen durch organische Scheidewände, der nothwendige Vermittler aller vegetativen Vorgänge, den Thieren in derselben Weise, wie den Pflanzen gegeben.

Die Physiologie der animalischen Thätigkeiten beschäftigt sich dann mit den Organen der Bewegung und Wahrnehmung.

Erster Abschnitt.

Die vegetativen Organe und ihre Thätigkeiten.

I. Das Darmsystem.

Die vegetativen Organe sind in die animalischen Organe eingeschlossen, der unmittelbaren Wechselwirkung mit der Außenwelt entzogen. Die Einwirkungen der Außenwelt sind zu manchfaltig, die Begabungen der vegetativen Apparate zu einfach, als daß sie sich jener Manchfaltigkeit gegenüber zweckmäßig genug verhalten könnten. Dieß vermag nur die äußere, animalische Schicht des Thieres in der Form der willkürlichen und instinktmäßigen Thätigkeit.

So muß denn Alles, was zur Wechselwirkung mit den Thätigkeiten des Darmapparates gebracht werden, als Nahrung dienen soll, vorerst einer Prüfung der Sinneswerkzeuge, einer Bearbeitung der Organe der willkürlichen Bewegung unterlegen haben.

Es geschieht dies in verschiedener Form, das Thier erkennt seinen Nahrungsstoff in großer oder geringer Entfernung, eignet ihn sich auf passende Art an, prüft und bearbeitet ihn dann vielleicht noch besonders in den Außenwerken des Darmapparates (Mundhöhle) und übergibt ihn nun erst den unwillkürlichen Thätigkeiten.

So weit hier nun die verschiedenartigsten Thätigkeiten des Körpers in Frage kommen könnten, müssen wir auf spätere Abschnitte hinweisen und augenblicklich nur die animalischen Functionen besprechen, welche in nächste Beziehung zu den Verdauungswerkzeugen treten. Es sind dieß die Wahrnehmungen des Nahrungsbedürfnisses, die Gefühle von Hunger und Durst und die Einwirkungen, welche die Nahrungsmittel am Beginne des Darmrohres von den willkürlich beweglichen Organen erleiden, besonders die Käuung, die Einspeichelung, das Schlingen.

Hunger und Durst. Die Erklärung dieser Gefühle darf in einer vergleichenden Physiologie nur geringen Raum einnehmen, da fast Alles, was darüber gesagt werden kann, nur aus Beobachtungen am Menschen selbst hervorgeht.

Es ist durch diese Gefühle die Aufgabe erreicht, die thierischen Wesen zur Befriedigung des Bedürfnisses der Ernährung ihrer Organe zu zwingen. Die Pein des Hungers spornt sie, die ihnen bekannte Lust des Genusses lockt sie. Indem das Blut beständig ernährenden Stoff an die Gewebsflüssigkeit abzugeben hat, diese aber ebenso beständig von den Geweben, in welchen sie sich befindet, ausgebeutet wird, so muß stets in kürzeren oder längeren Abschnitten ein Zustand dieser Flüssigkeiten eintreten, in welchem sie weniger fähig sind, jenen Ansprüchen zu genügen, so daß eine Beschränkung der Functionen der Organe eintreten müßte, wenn nicht den ernährenden Flüssigkeiten ein erneuertes Material zugeführt würde.

Da hilft denn die Natur, indem sie ein Gefühl entstehen läßt, welches den Instinkt der Nahrungsaufnahme erregt, und bei längerer Nichtbefriedigung immer an Intensität zu-

nimmt. — Mehr oder weniger verbindet sich mit diesem Gefühle, wenn es höhere Grade erreicht, auch Mattigkeit des ganzen Körpers.

Der anscheinende Sitz des Hungergefühls weist unsere Aufmerksamkeit zunächst auf den Magen hin, und die älteren, allerdings verkehrten Vorstellungen, daß der Hunger durch Reibung der Magenwände entstehe, oder daß der Magensaft, in Ermangelung eines Mageninhaltes, in welchem er sich vertheilen könne, die Magenwandungen selbst reize, zeigen, daß man an diesem Sitze der erregenden Ursache keinen Zweifel hatte.

Denselben Charakter haben auch einige neuere Ansichten. Verschiedenen Physiologen schien nach Beseitigung der erwähnten älteren Vorstellungsweisen nichts weiter übrig zu bleiben, als die Annahme, daß der Magen lediglich durch die Abwesenheit eines Inhaltes, welcher ihn in Thätigkeit setze, in jenen unangenehmen Zustand gerathe. Abgesehen von der Bedenklichkeit der Annahme, daß ein Negatives solche Gefühle erregen solle, einer Bedenklichkeit, über welche mancherlei zu sagen wäre, z. B. wenn man an die Gefühle erinnern wollte, welche durch Wärmeentziehung entstehen, — muß man doch diese Hypothese entschieden ungenügend finden, da der leere Magen nicht noch leerer werden, der Hunger aber bei gänzlich entleertem Magen sich fortwährend steigern kann. Das ist bei der Wärmeentziehung, auf die man sich etwa könnte berufen wollen, ganz anders, da von jedem Wärmegrade, den wir kennen, bis zu einem absoluten Wärmemangel, immer noch eine vielleicht sehr bedeutende Entfernung ist. Die Wärmeentziehung hat keine empirische Grenze, sie hat nur für das lebende Thier eine Grenze, indem ein jedes Thier den in der Natur möglichen Wärmeentziehungen eventuell erliegen muß.

Ich habe deßhalb schon früher die Ansicht vorgeschlagen, daß das Gefühl des Hungers auf der Anfüllung der Magendrüsen beruhen möge. Es steht fest, daß die Bildung des Magensaftes in den Drüsen der Magenwandung immer fortschreitet, daß aber die Entleerung dieser Drüsen die Gegenwart eines Mageninhaltes erfordere, wie es eine sehr verbreitete Erscheinung ist, daß Drüsen ihr Produkt mehr oder weniger zurückhalten, bis eine Irritation ihren Ausführungsgang oder die Haut, auf welcher der Gang mündet, in seiner Nähe trifft. Dafür ist dann auch noch die Analogie anzuführen, daß auch die Anhäufung anderer Secrete, namentlich des männlichen Samens, lebhafte Gefühle von Bedürfnissen erregen, welche instinktmäßig zu gewissen Thätigkeiten führen, deren Wirkung als Irritation eines Ausführungsganges und darauf folgende Entleerung des Secretes zu begreifen ist.

Diese Erklärung des Hungers ist natürlich unmittelbar nur auf solche Thiere anwendbar, welche Magendrüsen haben. Doch scheint sie, mit einer geringen Modification, auch einer Ausdehnung fähig auf solche Thiere, deren Magensaft nur in einer Zellenschicht an der Innenfläche des Magens gebildet wird (vgl. d. Kap. von den Absonderungen). Man kann sich denken, daß diese Zellen sich stärker ausbilden und anhäufen, so lange keine Nahrung im Magen ist. Dadurch können dann auch sehr wohl Gefühle erregt werden. Wir wissen ja, wie die Zustände unserer Epidermis manchfach als Kitzel, Jucken u. s. w. auf die Hautnerven wirken.

Freilich gibt es nun auch noch Thiere ganz ohne Magen und Darm. Ueber diese haben wir hier nichts zu sagen; wissen aber überhaupt auch über ihre Gefühle kaum etwas.

Freilich hat man auch wohl daran gedacht, den Hunger unmittelbar aus dem Zustande der zu ernährenden Organe herzuleiten. Man konnte sich vorstellen, daß nach Analogie anderer Erscheinungen der sogenannten Sympathie, ein Gefühl, von einem Orte aus erregt, für die Wahrnehmung seinen Sitz nur oder doch hauptsächlich an einem andern Orte hat, dessen Empfindungsfasern sympathetisch erregt werden. (Vgl. d. Kap. vom Nervensystem.)

Auf eine entsprechende Weise ist man mit dem Athmungsbedürfnisse verfahren. Gewisse Experimente schienen die Annahme zu beseitigen, daß dieses Gefühl von dem Zustande der Lungen herrühre, wo es uns doch der unmittelbaren Wahrnehmung nach seinen Sitz zu haben scheint. So nahm man an, daß der Sauerstoffmangel oder der Ueberfluß an Kohlensäure

in allen Organen auf die sensibeln Nerven wirke, diese aber ihre Erregung sympathetisch *auf* die sensibeln Lungennerven übertrügen.

Gegen beide Annahmen von Sympathieen läßt sich aber erwidern, daß allerdings sympathetische Erscheinungen bekannt sind, bei welchen verschiedene Affectionen eines bestimmten Theiles Gefühlserscheinungen bewirken, welche in einem andern Theile zu liegen scheinen, nicht aber Sympathien der Art, daß eine bestimmte Art der Affection aller Körpertheile auf ein bestimmtes Organ sympathetisch übertragen wird, so daß Nahrungsmangel in jedem Organe ein scheinbares Gefühl des Magens, Sauerstoffmangel in jeder Gegend des Körpers ein scheinbares Gefühl der Lunge bewirken könnte.

Außerdem spricht aber gegen diese Vermuthungen auch die Schnelligkeit, mit welcher die Einführung von Speisen in den Magen das Hungergefühl, ein einziger Athemzug das Gefühl des Athmungsbedürfnisses beschwichtigt. Wollte man hiegegen einwenden, daß bei dieser plötzlichen Beseitigung des Hungergefühles wiederum der Zustand des Magens beruhigend auf die der Nahrung ermangelnden Organe wirke; wollte man sich etwa darauf berufen, daß z. B. ein Hautreiz an irgend einer entfernten Stelle den Zahnschmerz oder dergl. beseitigen kann; so bliebe doch zu bedenken, daß im letzteren Falle vermuthlich der Blutandrang, oder was sonst die Ursache des Schmerzes war, wirklich durch die Nervenumstimmung beseitigt wird, während es nicht möglich ist, in Beziehung auf diesen Umstand den Vergleich mit dem Verhältnisse zwischen dem Magen und den Organen des übrigen Körpers herzustellen.

Ebenso nothwendig, als die Aufnahme des eigentlichen, zur Festbildung und zur regelmäßigen Zersetzung im Körper dienlichen Nahrungsmaterials, ist auch die Aufnahme des Wassers in den thierischen Körper. Hat der Körper eine gleichbleibende Größe erlangt, so muß auch die Wassermenge in ihm sich gleich bleiben. Wir wissen, wie wesentlich die Eigenschaften der thierischen Gebilde, wie die Durchdringlichkeit derselben für Nahrungs- und Zersetzungsstoffe, auf ihrem Wassergehalte beruhen.

Die Ausscheidungen des lebenden Körpers bedürfen nun aber auch mehr oder weniger der Vermittlung des Wassers und noch außerdem geht eine bei den warmblütigen Thieren namentlich bedeutende Menge von Wasser durch Verdunstung verloren (wovon in späteren Kapiteln mehr).

Also muß dasselbe im gleichen Maße ersetzt werden, sey es, daß es mit den festen Stoffen zusammen aufgenommen wird, was namentlich bei einer aus saftigen Pflanzentheilen, Früchten u. s. w. bestehenden Kost genügen kann, sey es, daß es noch besonders getrunken wird.

Bei den im Wasser lebenden kaltblütigen Thieren, welchen später eine besondere Besprechung gewidmet werden wird, sehen wir das Verhältniß des Wassers im Körper durch besondere Veranstaltungen stets in Ordnung gehalten. Die höheren Thiere aber müssen willkürlich Wasser aufnehmen.

Das Gefühl, welches die Thiere hiezu antreibt, der Durst, scheint, unähnlich dem Hunger, wirklich hauptsächlich auf der Säftemischung zu beruhen.

Nach dem, was der Mensch selbst an sich beobachtet, hat der Durst seinen Sitz im Munde, Schlunde u. s. w. erscheint als ein Gefühl von Trockenheit in diesen Theilen. Nun ist es ganz begreiflich, daß bei einem etwas geminderten Wassergehalte, oder auch bei einem etwas vermehrten Salzgehalte des Blutes, der ja ebenfalls Durst erregt, die wässerigen Ausscheidungen an diesen Theilen der Schleimhäute gehemmt werden und so jenes Gefühl entsteht. Ja es stände der Annahme nichts entgegen, daß die in den Schleimhäuten dieser Theile verbreiteten Nerven unmittelbar durch den etwas zu concentrirten Zustand der Ernährungsflüssigkeit zu diesem Gefühle veranlaßt werden. *)

*) Es ist bewiesen, daß der Zustand unseres Blutes den Zustand unserer Geschmacksnerven umstimmen kann, daß wir Substanzen nach einiger Zeit schmecken, welche ohne Berührung der Zunge

Durch Instinkt und Erfahrung richtet sich der Nahrungstrieb jedes Thieres auf bestimmte Naturproducte. Diese Wahl ist für viele derselben eine ungemein beengte; es bilden ja manchfach bestimmte Theile einer einzelnen Pflanzenart die ausschließliche Nahrung eines Thieres. Die meisten freilich haben einen weitern, manche einen sehr weiten Kreis zu ihrer Auswahl, und der Mensch steht in dieser Hinsicht wohl oben an.

Kaum mag aber an der Erde irgend ein organischer Stoff gefunden werden, welcher nicht von irgend einer Thierart als Nahrung ausgebeutet würde. Die lebenden Thiere und Pflanzen dienen als Nahrung im Ganzen oder in ihren Theilen. Sie bieten Wohnung und Nahrung zugleich den inneren und äußeren Parasiten (Entozoen, Epizoen), selbst die Darmentleerungen werden auf ihren verschiedenen Stufen der Zersetzung von verschiedenen Thieren durchsucht. Ebenso bieten die Leichen der Thiere noch den verschiedensten anderen thierischen Wesen, von der Hyäne und dem Geyer bis zu den Infusorien herab, die Nahrung dar.

Dadurch wird es also möglich, daß schon eine sehr große Menge verschiedenartiger Thiere existire, ohne daß die verschiedenen Arten einander gegenseitig der Nahrung berauben.

Sichere Concurrenten hat aber jedes Thier für seine Nahrung in den Individuen seiner eigenen Art, und es würden, wenn nicht einige andere Umstände mit einwirkten, bei der Anlage zur Vermehrung, welche alle Thiere besitzen, dieselben oft in ungeheuren Massen durch Hunger zu Grunde gehen müssen, nachdem eine Art das sämmtliche in einer Gegend vorkommende und ihr zusagende Nahrungsmaterial vernichtet hätte.

Dem wirken indessen manchfaltige andere Umstände entgegen, welche die Vermehrung in Schranken halten, namentlich aber auch die Feinde, welche fast jede Thierart besitzt. Außerdem aber ist auch zu erwähnen, daß eine Beschränkung der Fruchtbarkeit der Thiere nicht nur dann stattfindet, wenn ein eigentlicher Nahrungsmangel eintritt, sondern schon dann, wenn die Erwerbung der Nahrung nur bedeutendere Anstrengungen kostet.

Dies beweist schon die große Fruchtbarkeit der Hausthiere, gegenüber den wilden Thieren derselben Art, besonders in dem Falle, wo der Mensch nur ihre Ernährung zu befördern sucht, wie bei den Schweinen, ohne weder Arbeit, noch Milch, noch Wolle u. s. w. von ihnen zu fordern.

So werden nun auf der andern Seite dieselben Umstände, welche die Vermehrung der Thiere in Schranken halten, doch nicht leicht eine gänzliche Ausrottung bewirken können. Wenig zahlreiche Individuen werden sich leicht ernähren, stark vermehren; haben sie der Feinde viele, so sind sie um so vorsichtiger u. s. w.

Schon hieraus ist ziemlich einleuchtend, daß fast nur der nach Grundsätzen zerstörende Mensch eine gänzliche Ausrottung von Thierspecies, welche ihm etwa lästig fallen, in einer bestimmten Gegend bewirken kann. Nur wenige Beispiele gibt es von einem Verschwinden von Thierarten unserer heutigen Schöpfung, bei welchem die Beihülfe des Menschen zweifelhaft seyn mag. Es waren sehr unbehülfliche Thiere (Didus) oder sehr große (Dinornis), welche nur unter besonders günstigen Verhältnissen gedeihen konnten.

Als ein Beispiel, daß die verzehrenden Thiere selbst nicht immer als ein Hemmniß der Vermehrung der Organismen, von welchen sie sich ernähren, zu betrachten sind, führen wir die beerenfressenden Vögel an. Diese wirken selbst günstig auf die Verbreitung der Pflanzen, indem die Samen der Beeren keimfähig bleiben und so von den Vögeln verbreitet werden.

Will man an die Verschiedenheiten der Nahrung der Thiere Betrachtungen über ihre Organisation knüpfen, als welche sich besonders für eine bestimmte Art der Nahrung geeignet zeigt, so finden sich der Beziehungen natürlich manche. Zur Uebersicht wird es aber nöthig, die nährenden Naturproducte nach gewissen Principien in größere Klassen zusammenzustellen.

in den Magen gebracht waren. Mir scheint es, daß dieses Factum zur Erklärung der Appetite oder besonderen Richtungen des Hungers wichtig ist. Wenn wir z. B. Fett essen und dabei das Bedürfniß empfinden, Brod hinzuzufügen, so kann sehr wohl auch ein besonders fettreicher Zustand des Blutes dasselbe Gefühl anregen.

Das eigentlich Ernährende in den sogenannten Nahrungsmitteln mag wohl ziemlich überall dasselbe seyn. Dieselben chemischen Verbindungen sind es, welche, unter verschiedenen äußeren Verhältnissen vorkommend, hier von diesen, dort von jenen Thieren aufgesucht werden, je nachdem die Thiere eben geeignet sind, sie diesen oder jenen Verhältnissen abzugewinnen.

Diese Ansicht gilt wenigstens mit Sicherheit von den höher organisirten Thieren. Können wir von den niederen Stufen des Thierreiches nicht dasselbe sagen, so mag das großentheils nur auf der Schwierigkeit der Beobachtung beruhen. Wäre die Frustulia salina sicher ein Thier, so würden wir freilich aus ihrer Sauerstoffentwicklung auf einen andern Lebensproceß, auf eine andere Nahrung schließen müssen.

Die wichtigsten, zugleich auch der Ernährung gewiß vorzugsweise bedürfenden thierischen Gebilde, Nerven und Muskeln, zeigen sich in sehr großen Kreisen so ähnlich in Bau und Function, daß daraus auch ein ähnlicher chemischer Proceß in ihnen und somit ein gleiches Nahrungsbedürfniß wahrscheinlich wird.

Die Nahrungsmittel des Thierreiches scheinen überall solche Stoffe zu seyn, welche der chemischen Zusammensetzung nach den Festgebilden des Körpers und den in seinen Säften stets vorkommenden Substanzen entweder ganz entsprechen oder doch durch einen einfachen Proceß ihnen ähnlich werden können.

Nach einer solchen Erklärung würde man alle binären Verbindungen, welche sich im Körper befinden, ebensowohl als die aus C H und O und die aus N C H und O bestehenden, zu den Nahrungsmitteln rechnen können.

Ohne uns nun auf die Fragen einzulassen, in wie weit jene binären Verbindungen wirklich nothwendige Bestandtheile der Nahrung sind oder nicht, was namentlich auf die Untersuchungen hinaus laufen würde, in wiefern ihre Gegenwart theils im Körper nöthig, theils in den Ausleerungen die Folge eines überflüssigen Genusses oder eine Nothwendigkeit sey, *) können wir wohl dem allgemeinen Gebrauche folgen, welcher die Nahrhaftigkeit der Naturprodukte nach ihrem Gehalte an solchen organischen Verbindungen und besonders den stickstoffhaltigen Substanzen schätzt, welche sich in feste Substanzen des thierischen Körpers verwandeln können. Denn die binären Verbindungen, so weit sie überall für den Körper nöthig sind, finden sich meist ungesucht neben den organischen in den Theilen der Pflanzen und Thiere, welche von den Thieren als Nahrung genossen werden.

Die Erfahrung lehrt, und theoretische Vorstellungen lassen sich damit auch mehrfach wohl in Einklang bringen, daß gewisse stickstofflose und stickstoffhaltige Verbindungen mit einander vermengt zur Nahrung der Thiere nothwendig sind. Sie finden sich neben einander, wo nur ein Thier seine Nahrung suchen mag.

Freilich aber sind die von der Natur gebotenen Nahrungsmittel sehr verschieden in ihrem Gehalte an jenen Verbindungen. Manche sind sehr reich, andere sehr arm daran, manche enthalten viel aus der einen, aber sehr wenig aus der andern Klasse; neben den nahrhaften Verbindungen enthalten die einen manche auflösliche, folglich der Aufnahme in die Säfte-

---

*) Wir bekennen aber allerdings, daß wir diese Ausleerungen für an sich nothwendige halten, welche jedoch durch Zufälligkeiten der Ernährung leicht über das Maß hinaus sich steigern. Daß der Henne z. B. die Ausleerung des kohlensauren Kalkes natürlich ist, wird Niemand bezweifeln. Dagegen scheint es uns eine Thorheit, wenn man sich einbildet, aus einem vagen Begriffe von allgemeiner Nothwendigkeit des Stoffwechsels es zu verstehen, weßhalb im Harne z. B. regelmäßig Kochsalz vorkommt. Diese Quantität von Kochsalz ist eben so gut, als diejenige, welche an ihrer Stelle in den Körper eintritt. Es ist klar, daß diese Ausleerungen nicht zu vergleichen sind mit denen der Zersetzungsprodukte der organischen Stoffe. Anders als mit dem Kochsalze ist es freilich schon mit anderen Salzen unserer Nahrung, welche in chemischer Bindung mit den eigentlichen Nahrungsmitteln stehen, und mit den Salzen unserer Absonderungsorgane, welche aus der Zersetzung der Proteïnkörper sich bilden, wie es z. B. von den schwefelsauren Salzen des Harnes wahrscheinlich seyn mag.

masse des Körpers fähige Verbindungen, welche aber nicht der Ernährung dienen können; andere enthalten eine große Menge ganz unauflöslicher Massen, und diese hüllen oft die nahrhafte Substanz so ein, daß besondere Einwirkungen erforderlich sind, um letztere zu gewinnen.

In Beziehung auf diese und andere Verschiedenheiten ist die Eintheilung der Nahrungsmittel in animalische und vegetabilische wichtig.

Die animalischen Nahrungsmittel, mögen sie nun aus ganzen Thieren oder aus Theilen derselben bestehen, enthalten ganz vorzugsweise die stickstoffhaltigen Verbindungen (im Fleisch u. s. w.). Indessen fehlen auch die stickstofflosen niemals, obgleich sie fast ausschließlich in der Form verschiedener Fette vorkommen.

Zur Verdauung und Assimilation nicht geeignete Substanzen sind in der animalischen Kost nur wenig vorhanden, und die vorkommenden sind meist leicht schon im Groben zu sondern. So die Haare und Federn, welche bekanntlich von manchen Thieren (namentlich Raubvögeln) ballenweise nach der Verdauung des Fleisches aus dem Magen hervorgewürgt werden. Solche Ballen enthalten auch Knochen, welche jedoch in anderen Fällen großentheils verdaut, d. h. ihres animalischen Stoffes durch die Verdauungswerkzeuge beraubt werden.

Die vegetabilischen Theile, von welchen sich Thiere ernähren, zeichnen sich durch eine weit größere Manchfaltigkeit ihres Gehaltes aus. Auch hier kommen ganz ähnliche stickstoffhaltige Substanzen vor, wie in den thierischen Körpern. Aber sie sind nur in einzelnen Theilen der Pflanzen einigermaßen zusammengehäuft, wie namentlich in den Samen verschiedener Pflanzen, welche eben deßhalb einen hohen Rang unter den Nahrungsmitteln (auch des Menschen) einnehmen, in den Hülsenfrüchten und Cerealien. Aber auch die reichsten Pflanzentheile stehen in dieser Hinsicht doch sehr hinter den animalischen Nahrungsmitteln zurück. Reichlich im Verhältniß zu den stickstoffigen Verbindungen kommen in den Pflanzen dagegen die stickstofffreien, zur thierischen Ernährung brauchbaren Substanzen vor. Sie finden sich hier in verschiedenen Formen. Außer den Fetten namentlich Zuckerarten, Stärkemehl und ähnliche Substanzen. Es ist nicht zweifelhaft, daß der thierische Körper die Fähigkeit hat, diese Substanzen in Fette zu verwandeln, aber es ist sehr möglich, daß sie auch, wenigstens die Zuckerarten, wirklich in das Blut übergehen und bei dem Respirationsprocesse (s. diesen) verbraucht oder in bestimmten Theilen des Körpers (den äußeren Bedeckungen bei den Tunicaten, Arthropoden) abgelagert werden.

Auch die Fette finden sich in den Pflanzen ganz besonders im Samen angehäuft. Die Stärke kommt ebenfalls sehr reichlich in vielen Samen, Wurzeln und Knollen vor; die Zuckerarten in verschiedenen Theilen der Pflanzen.

Ueberall aber findet sich zwischen den nahrhaften Stoffen in den Pflanzen theils das unauflösliche Gewebe, theils auch wohl auflösliche aber doch unassimilirbare Substanzen. Im höchsten Grade findet sich die sparsame Vertheilung des eigentlich Nahrhaften im Allgemeinen in der Nahrung aus grünen Pflanzentheilen, Holz u. s. w.

Meistens halten sich nun bestimmte Thierarten sehr bestimmt an gewisse Nahrungsquellen. Je mehr unsere Studien uns über die Besonderheiten der Form und Function der Theile der verschiedenen Thiere aufklären werden, um so mehr werden wir auch manchfaltige Beziehungen zwischen jenen und den besonderen Nahrungsmitteln auffinden.

Schon gegenwärtig lassen sich aber manche Einrichtungen besonders des Kauapparates und des Darmkanales in ihrer Zweckmäßigkeit gar wohl begreifen, und wir sehen gewisse Formeigenthümlichkeiten um so bestimmter ausgeprägt, je entschiedener ein Thier sich einer bestimmten Nahrungsweise zuneigt.

Da aber das eigentlich Nahrhafte in allen Naturprodukten der Hauptsache nach dasselbe ist, so ist doch wohl kaum irgend ein Thier so entschieden nur für eine Nahrungsweise gebildet, daß es sich nicht auch aus wenigstens etwas ungewöhnlichen Formen, in welchen sich ihm das Nahrungsmittel darbiete, das Nahrhafte aneignen könnte. Wohl aber möchten

sehr häufig solche künstliche Ausdehnungen des Nahrungsgebietes eines Thieres nur mit Nachtheil für seinen Zustand oder nur für eine Zeit ausführbar seyn, wenn sie nicht gleich Anfangs an der Hartnäckigkeit des Instinktes scheitern, mit welcher das Thier die Aufnahme jeder andern als der natürlichen Nahrung verweigert. Beobachtungen über Gewöhnung der Thiere an eine für sie unnatürliche Nahrung gibt es von manchen Hausthieren. Die im wilden Zustande nur fleischfressende Katze gewöhnt sich als Hausthier an Vegetabilien. Die isländischen Pferde stehlen gern den gedörrten Fisch, ja selbst Kühe sollen sich an diese Nahrung gewöhnen. Ebenso erzählt man von Kühen und Schafen, daß sie Heuschrecken verzehrten, nachdem diese die Weide verwüstet hätten. Prinz Max v. Wied erwähnt ein zahmes Reh, welches Rehfleisch fraß, die Rennthiere sollen Lemminge fressen u. s. w. Auch die Kaninchen gewöhnen sich, ohne sonst Noth zu leiden, ganz gern an den Genuß kleiner Quantitäten Fleisch *).

Wenden wir die schon besprochene Eintheilung der Nahrungsmittel in vegetabilische und animalische an, so finden wir bei Untersuchung der Wirbelthiere einen Theil der Säugethiere und Vögel, verhältnißmäßig mehr Amphibien und vielleicht eine noch größere Ueberzahl unter den Fischen, welche für die animalische Nahrung eingerichtet sind, ein Verhältniß, welches sich theilweise daraus erklären möchte, daß die beiden ersten Klassen viel Wärme zu erzeugen haben, und daß eben die vegetabilische Nahrung im Verhältniß zu den eigentlich nahrhaften Substanzen mehr solche enthalte, welche nur durch die Säftemasse gleichsam hindurchgehen, sich wieder zersetzen ohne feste Theile des Körpers gewesen zu seyn, und bei diesem Zersetzungsprocesse, was auch sonst ihr Nutzen sey, jedenfalls Wärme bilden.

Die Quellen dieser Nahrung sind aber immer noch sehr verschieden und ihnen angemessen die Ausrüstung der Thiere. Es sind wichtige Unterschiede, ob die Beute in verhältnißmäßig großen oder kleinen Thieren gesucht, ob lebendige oder todte Thiere verzehrt, ob sie im Ganzen oder nach vorläufiger Zertrümmerung verschlungen werden, oder ob etwa gar nur ihre Säfte, ihr Blut ausgesogen wird. Nach allen diesen Verschiedenheiten der Aufgabe müssen auch die Mittel zu ihrer Erreichung verschieden seyn, es müssen sich diese Verschiedenheiten im Gebisse u. s. w. nachweisen lassen.

Ebenso manchfaltig mindestens sind die Verschiedenheiten der vegetabilischen Nahrungsmittel. Früchte, Kerne, Wurzeln, Knollen, grüne Theile, Rinde, Holz enthalten, wie bemerkt, Nahrhaftes in sehr verschiedenen Verhältnissen und mit anderen Theilen vermengt, in sie eingeschlossen, welche der Vorarbeit für die Verdauung den verschiedensten Grad von Widerstand entgegensetzen.

Wir deuten nun die wichtigsten Verschiedenheiten des Gebisses und seines Mechanismus an, welche auf die Nahrungsmittel zu beziehen sind.

Eine sehr bestimmte Form legt sich unter den Säugethieren bei den eigentlichen Raubthieren dar, und erreicht in dem Geschlechte der Katzen seinen Gipfel. Die Aufgaben, deren Lösung in dem Gebisse dieser Thiere gegeben ist, sind offenbar: kräftiges Ergreifen und oberflächliches Zertrümmern bedeutender Massen.

Um bei großer Kraft in der Hebung des Unterkiefers das Maul nicht zu sehr durch die am Körper des Unterkiefers angebrachten Muskeln einzuengen, darf hier nicht eine solche Ausdehnung der vorderen Hauptbeißmuskeln, der Masseteren, Statt finden, welche wir bei den Nagern bemerken werden, sondern es müssen dieselben, wenn auch kräftig, doch einen bedeutenden Theil der Kiefern nach vorn frei lassen und neben ihnen müssen ganz besonders die an die Kronfortsätze des Unterkiefers sich anheftenden und zum Schädel aufsteigenden Schläfenmuskeln mächtig entwickelt seyn. Diese Muskeln bedecken dann einen großen Theil des

*) Ich sah kürzlich auf hiesigem physiologischem Institute ein solches Thier einen Knochen benagen. Es benahm sich dabei jedoch insofern entschieden als Krautfresser, als es durchaus nicht die Vorderpfoten zum Halten des Knochens gebrauchte, was sowohl ein Raubthier als ein körnerfressendes Nagethier gethan haben würde.

Schädels, gehen oft bis zur Mittellinie desselben in die Höhe und heften sich hier an einem auf der Pfeilnaht sich erhebenden Knochenkamm an. Auch die hintere Grenze ihrer Ausdehnung ist wohl durch einen solchen, quer über den Hinterschädel laufenden Kamm begrenzt. Die Jochbogen, den untern Theil dieser Muskeln umspannend, sind weit ausgeschweift. Die Einlenkung des Unterkiefers ist fest; die Gelenkköpfe haben quer verlaufende Cylinderflächen, welche tief in die entsprechenden Gelenkhöhlen des Schläfenbeines eingesenkt sind, so daß die einzige Bewegung des Unterkiefers die Hebung und Senkung, mit anderen Worten: die Drehung um eine durch beide Gelenkköpfe laufende Achse ist.

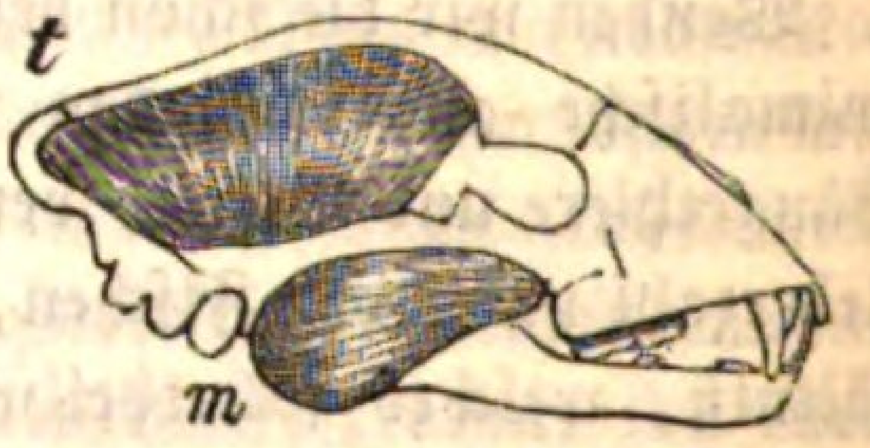
Fig. 53.



Schläfenmuskeln (t) und Masseteren (m) des Menschen.

Damit die Wirkung der Schläfenmuskeln eine hinreichende Kraft auch im vordersten Theile des Gebisses hervorbringen kann, ist die Erstreckung der Kiefer von hinten nach vorn, also auch die Reihe der Backenzähne, kurz. Dieß tritt im höchsten Maaße gerade bei den Katzenarten hervor.

Fig. 54.

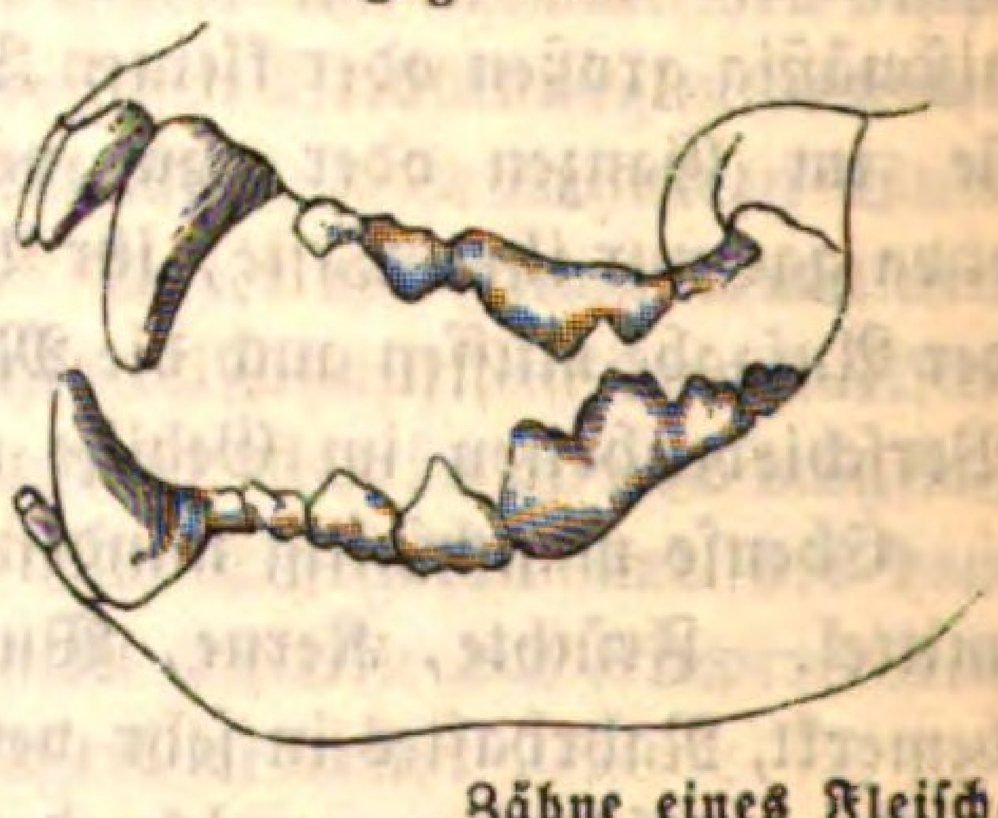


Schädel eines Tigers mit Schläfenmuskel (t) u. Masseteren (m).

Den vordersten Theil des Gebisses bilden die Schneide- und Eckzähne. Die ersteren, bei allen eigentlich sogenannten Raubthieren oben 6 und unten 6, sind mäßig, selbst unbedeutend entwickelt, die meißelförmigen Kanten bilden meist eine ziemlich zusammenhängende gerade oder schwach nach vorn convexe Linie. Die Eckzähne bilden dagegen mächtige Waffen, gleichsam Klauen, zum Einschlagen in den Gegenstand des Angriffes.

In den Backenzähnen tritt bei diesen Thieren eine besonders entschiedene Gliederung hervor. Man unterscheidet einen derselben als Reißzahn, davor die Lückenzähne, dahinter die Höcker- oder Mahlzähne. Der Reißzahn besitzt eine in Zacken erhobene Schneide, von welcher die vorderen Backenzähne als Verlängerung gedacht werden können, so daß eine unterbrochene, in einzelne Gipfel sich erhebende scharfe Kante (gleichsam ein sägeförmiges Scheerenblatt) entsteht, welche sich der Länge des jederseitigen Kieferknochens nach erstreckt. Die innere Fläche der oberen schneidenden Backenzähne gleitet bei Schließung der Kiefern hart an der äußern Fläche der entsprechenden unteren Zähne hin. Daß diese Scheere ausgezackt ist, hat seinen Nutzen offenbar darin, daß ein Ausgleiten der zu schneidenden Gegenstände dadurch verhindert wird. — Bei dieser scheerenartigen Wirkung ist es auch sehr begreiflich, weßhalb bei diesen Gebissen jede seitliche Bewegung der Kiefer verhütet ist, da eine solche die Scheerenblätter aus ihrer richtigen Lage bringen müßte. — Der Reißzahn besitzt aber außer seiner Schneide einen höckerigen Ansatz, bald sehr unbedeutend, bald überwiegend entwickelt, und wie die Lückenzähne eine Fortsetzung des schneidenden Theiles nach vorn bilden, so stellen die Höckerzähne mit jenem Anhange des Reißzahnes zusammen eine malmende höckerige Fläche dar.

Fig. 55.



Schneide- u. Eckzähne. Zähne eines Fleischfressers.

Fig. 56.



Backenzähne.

Dieser letztere Apparat ist um so weniger entwickelt, je schärfer auch übrigens der Raubthiercharakter hervortritt; er gewinnt um so mehr Ausdehnung, je mehr das Thier sich zu einer gemischten Nahrung neigt. So ist bei den Bären, namentlich bei den von gemischter oder vorherrschend vegetabilischer Nahrung lebenden, die schneidende Beschaffenheit fast in keinem Backenzahne mehr zu erkennen, sondern an allen größeren Backenzähnen nur eine

höckerige Oberfläche entwickelt, während der Apparat von höckerigen Zähnen bei den Katzenarten nur eben angedeutet ist. Bei dem Eisbären, welcher nur animalische Kost genießt, sind die Zähne mit weniger breiten Kronen versehen, als bei seinen Verwandten, etwas mehr schneidend und, wie es scheint, sehr fest. Seine Nahrung besteht hauptsächlich aus Thieren von wenig festem Skelet, besonders Fischen, auch Seehunden.

Außer den im engern Sinne von der Zoologie sogenannten Raubthieren finden sich noch Säugethiere, welche der Nahrung nach jenen zunächst erwähnt werden müssen unter den amphibischen, den Walthieren und den Beutlern. Das Gebiß der letzteren (so des Thylacinus) steht dem der oben beschriebenen sehr nahe.

Die Pinnipedia und die bezahnten fleischfressenden Walthiere dagegen zeichnen sich durch eine weit größere Einförmigkeit der Backenzähne bei sehr verschiedenem Verhalten der Eck- und Schneidezähne aus. Ihre Backenzähne, bald sehr zahlreich, bald gering an Zahl, sind bald spitz und dabei von den Seiten abgeplattet, ähnlich den Lückenzähnen der ächten Raubthiere (Seehunde u. s. w.), bei anderen pfriemenförmige oder auch mäßig abgestumpfte Kegel (Delphine u. s. w.) oder endlich ganz kurz, mit einfachen glatten Kauflächen. Bei jeder Art findet sich eine dieser Formen ohne bedeutende Veränderung durch einen großen Theil oder durch den ganzen Kiefer wiederholt.

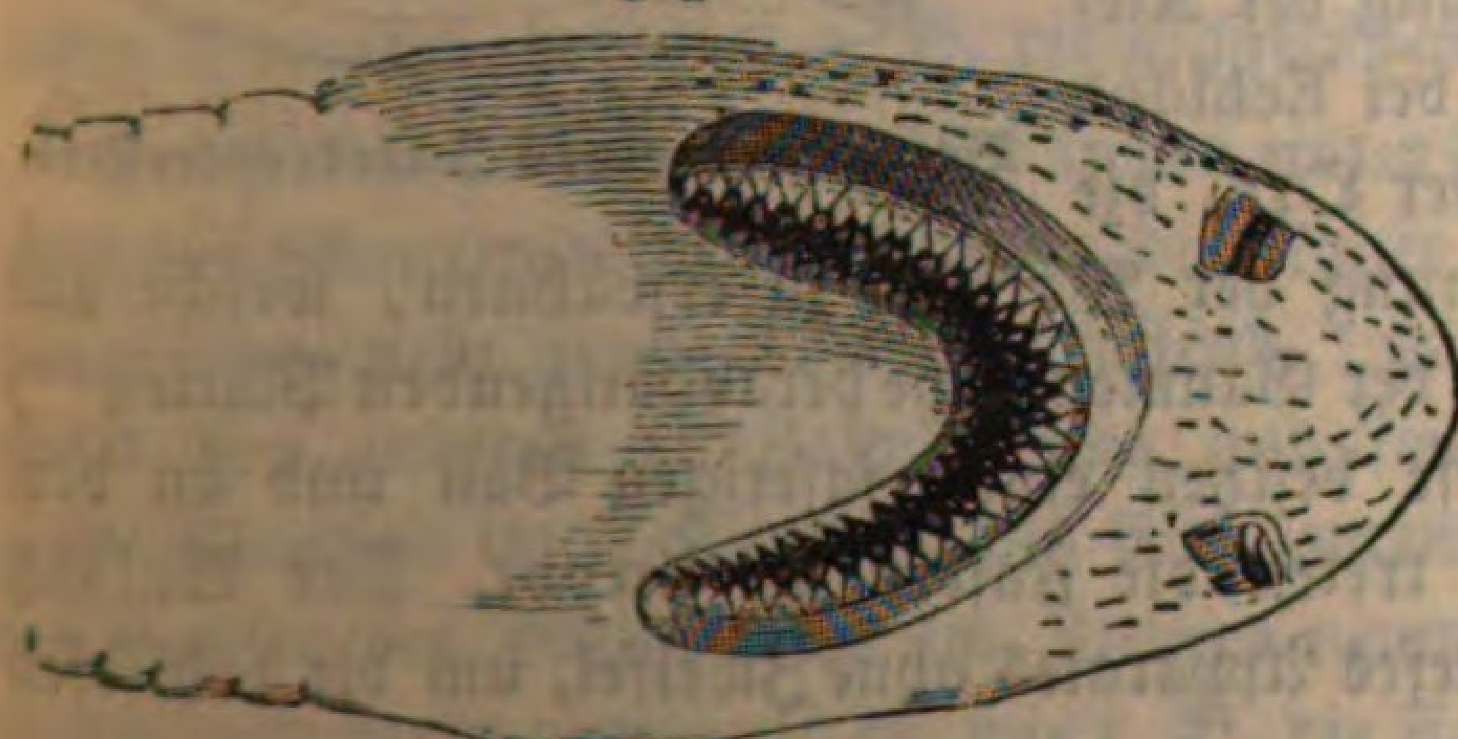
Große Gleichförmigkeit herrscht nun auch in den Zahnsystemen der Reptilien und Fische, welche sich von Thieren ernähren. Die häufigste Form ist die von geraden oder mit der Spitze nach hinten gekrümmten Nadeln, Pfriemen oder Kegel, und bei sehr vielen sind die Ränder der Kiefer so wie andere Theile der Mundhöhle mit einer großen Menge solcher unter einander höchst ähnlichen Zähne versehen. Bei einigen treten an die Stelle dieser konischen Formen auch wieder die von Außen nach Innen abgeplatteten, in der Mitte der glatten oder gezähnelten Kante sich zu einer Spitze erhebenden. So bei Haifischen. Alle diese Zahnarten sind offenbar mehr zum Anfassen und Festhalten der Beute, als zu irgend einer andern Einwirkung geeignet. Bei verhältnißmäßig wenigen Fischen finden sich Zähne mit breiten Kronen oder zahnartige Platten, zum Zermalmen fester Theile, wie der Muschelschalen. — Bei manchen der Raubthiere unter den Reptilien und Fischen sind die Unterkiefer so fest eingelenkt, daß sie offenbar nur eine einfache Bewegung des Schließens und Oeffnens ausführen können. In bedeutender Solidität zeigt sich diese Einrichtung bei den Crocodilen.

Fig. 57.



Gavialkopf.

Fig. 58.



Haifischkopf.

In vielen Fällen aber ist der Punkt, an welchem der Unterkiefer eingelenkt ist, beweglich und es findet sich dann auch mehr oder weniger Beweglichkeit des Oberkiefers. Ein solcher Mechanismus ist sehr bemerkenswerth bei den ächten Schlangen ausgebildet. Diese Thiere würden, trotz ihrer sprichwörtlichen Geschmeidigkeit, nicht im Stande seyn, ihre Existenz zu fristen, wenn sie nicht die Fähigkeit besäßen, große thierische Massen auf einmal hinunterzuwürgen. Ihre Bewegungsfähigkeit ist beschränkt, sie sind darauf angewiesen, die Beute zu erlauern und den glücklichen Augenblick zu benutzen. Mehrere Umstände tragen dazu bei, dieß möglich zu machen. Erstlich ist der Mundwinkel weit rückwärts geschoben. Der Vereinigungspunkt des Unterkiefers und des Oberkiefergerüstes, dessen Entfernung von der Schnauzenspitze die Weite der Maulöffnung bedingt, liegt am untern Ende des sog. Quadratbeines. Theils dieses, theils das Stück des Schläfenbeines, mit

welchem das Quadratbein sich nach oben verbindet, sind nun mehr oder weniger lang ausgezogen und nach unten und hinten gerichtet. So rückt also der für die Weite des Maules entscheidende Punkt, der Maulwinkel, weit zurück, weiter als irgend ein anderer Theil des Schädels. Ferner aber findet hier ein höchst eigenthümlicher Mechanismus des Schlingens mit Hülfe der Kiefern statt. Es sind nämlich beide Unterkieferhälften vorn, wo sie zusammenstoßen, nur durch ein Band verknüpft, welches lang genug ist, jeder Hälfte merklich selbstständige Bewegungen zu erlauben. Ebenso unabhängig von einander sind die beiden Hälften des Oberkiefergerüstes. Hiedurch und durch die Hakenform aller Zähne, so wie durch den eigenthümlichen Muskelapparat wird es möglich, daß immer abwechselnd, während eine Seite des ganzen Kiefergerüstes sich eingehakt hat, die andere vorgeschoben wird, um wieder ihrerseits sich in die Beute zu befestigen und dann die andere Seite nachzuziehen. So zieht sich das Thier gleichsam über seine Beute hinüber *).

Die Raubthiere unter den Vögeln konnten, wegen der eigenthümlichen Bedingung der Concentrirung des Gewichtes in der Gegend der Brust, nicht mit starken Beißwerkzeugen ausgerüstet seyn, welche durch Knochen- und Muskelaufwand ein großes Gewicht in den Kopf verlegt haben würden. Ihre mit dem hornigen Schnabel bewehrten Kiefer dienen zum Hacken, der gekrümmte Oberschnabel wohl zum Zerreißen der von den Klauen gehaltenen Beute, welche dann sogleich in großen Stücken verschlungen wird. Viele Vögel, welche man nicht zu den eigentlichen Raubvögeln rechnet, namentlich eine Menge von Wasser- und Wadvögeln, verzehren auch große Thiere, namentlich Fische, ganz ohne Zerstückelung. Da finden sich denn auch gerade und dabei bald mehr spitze, bald breite Schnäbel.

Den Raubthieren nahestehend finden wir unter den Säugethieren die Insectivoren, mit spitzhöckerigen oder auch mit mehr rundlichen Erhabenheiten besetzten Backenzähnen, mehrfach unbedeutenden Eckzähnen. Schneidezähne finden sich zum Theil auffallend ausgebildet in einer Weise, welche an die Nager erinnert.

Der Nahrung nach reihen sich an die eigentlich sogenannten Insektenfresser unter den Säugethieren aber noch verschiedene Formen mit mehr und mehr vereinfachtem Gebisse an, welche sich in der Zoologie unter den Zahnlosen finden. Sie besitzen höchstens noch Backenzähne mit sehr einfachen Kauflächen. Dieser Apparat genügt für ihre Nahrung, welche großentheils aus Insekten besteht (Manis, Echidna, Myrmicophaga, Orycteropus). Das Schnabelthier hat eine hornige Bewaffnung der Kiefer, gewissermaßen verhornte Lippen, die schon bei Echidna solche Beschaffenheit zeigen. — Hier ist auch der Ort, die Mundbewaffnung der Walfische zu erwähnen, welche aus hornigen, von der Gaumenfläche herabhängenden Platten **) besteht. Diese besitzen einen faserigen Bau und an dem einen Rande treten die Fasern frei hervor. Der Walfisch bedient sich dieses Apparates ohne Zweifel, um die zahllosen

Fig. 59.



Bezahnung eines Insektenfressers.

Fig. 60.



Zahnloser Schädel des Ameisenbären.

*) Diese Verhältnisse sind schön erläutert durch die Beschreibungen und Abbildungen von d'Alton in Müller's Archiv. 1834. Der interessante Doppelmuskel E auf Fig. 4 Tab. VII. (dessen wichtige Bedeutung d'Alton übersieht) bewirkt offenbar die erwähnte Vorschiebung der linken Unterkieferhälfte, wenn die in den Bissen eingehakte rechte als fester Punkt dient, der rechten, wenn sich nun wieder die linke weiter nach vorn eingehakt hat.

**) Diese Barten der Walfische, die durch Größe und Stellung so sehr auffallen, sind in neuerer Zeit, gewiß mit Recht, als Analoga der Gaumenrunzeln und Zäpfchen gedeutet worden, die sehr allgemein bei den Säugethieren (Wiederkauern, Fleischfressern) vorkommen. Sie verhalten sich zu diesen, wie die entwickelten Gesichtsorgane des Menschen zu den rudimentären Augen des Maulwurfs, oder die männlichen Brüste zu den weiblichen u. s. w.

kleinen Mollusken, von denen er sich hauptsächlich nährt, nachdem er Wasser in das Maul genommen hat, beim Wiederausstoßen desselben davon zu trennen und zurückzuhalten.

Fig. 61.



Schnabelthier.

Fig. 63.



Einzelne Fischbeinplatte.

Fig. 62.



Walfischschädel.

Unter den Vögeln ist die Ernährung von kleinen thierischen Organismen, Insekten, Würmern u. s. w. sehr häufig. Da aber die Aufgabe des Schnabels kaum in einer Verarbeitung dieser Nahrung, sondern nur in der Aufnahme derselben besteht, indem er Manches ersetzen muß, was bei den Säugethieren durch die Vorderextremitäten geschieht, so beziehen sich die Modificationen desselben auch hauptsächlich auf die Verhältnisse, welchen die besondere Vogelart ihre Beute abgewinnen soll: lange, dünne Schnäbel zum Wühlen im Schlamme (bei den langschnabeligen Sumpfvögeln, z. B. den Schnepfen), stärkere Schnäbel zum Aufwühlen der Erde (wie es z. B. Krähen thun), starke, meißelförmige Schnäbel, wie sie die Spechte benutzen, um heftig an die Rinde der Bäume zu klopfen und dann durch ihre mit Widerhaken versehene lange Zunge die Insekten aus den Spalten der Rinde zu holen. Andere besitzen keilförmige Schnäbel um zweischalige Muscheln damit zu öffnen, wie der Austerndieb (Haematopus ostralegus). Andere fangen die Insekten von der Erdoberfläche, von Pflanzen oder im Fluge, und sind dazu wohl besonders durch ein sehr weites Maul, nicht durch den eigentlichen Schnabel, befähigt, z. B. die Schwalben.

Den Fleischfressern gegenüber stehen unter den Säugethieren zwei sehr scharf ausgebildete Gruppen pflanzenfressender Thiere: die Nager und die Wiederkäuer, die ersteren mehr kleine, die zweiten mehr große Thiere umfassend. Einige kleinere Gruppen stehen theils den einen, theils den anderen in Zahnbildung und sonstiger Organisation einigermaßen nahe (wie z. B. Manches im Schädelbau des Elephanten an die Nagethiere erinnert, und der Hyrax, den Cuvier ein Rhinoceros im Kleinen nennt, früher für ein Nagethier gehalten wurde), theils auch mehr vereinzelt da, wie z. B. die Faulthiere.

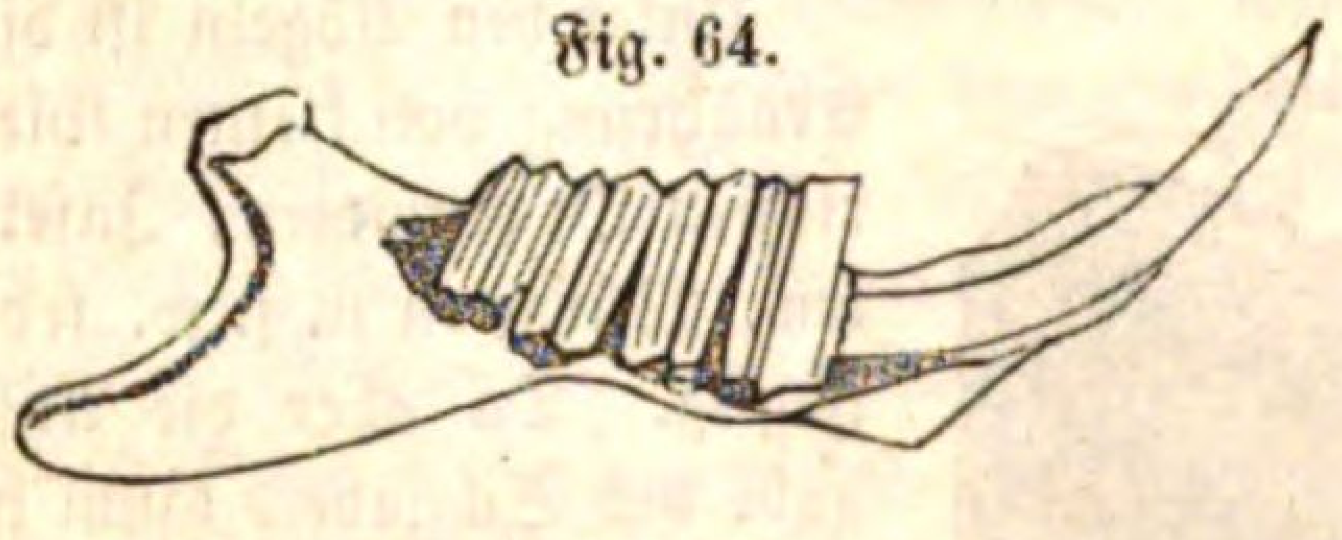
Die **Nager** sind durch ihren Zahnbau besonders geeignet, sehr harte Pflanzentheile zu zerkleinern, entweder um sie zur Verdauung vorzubereiten oder um die in ihnen enthaltenen Nahrungsvorräthe hervorzuziehen, wie namentlich die Kerne aus Nüssen und dergl.

Sie haben zu diesem Behufe $\frac{2}{2}$ meißelförmige Schneidezähne (nur die Hasen $\frac{4}{2}$, wobei oben hinter zwei großen die zwei kleineren versteckt stehen), welche auf eine eigene Weise gegen einander wirken.

Es gehören diese Schneidezähne zu einer Art von Zahngebilden, welche überhaupt bei pflanzenfressenden Säugethieren besonders häufig sind, zu den Zähnen nämlich, welche sich

beständig abnutzen und eben durch die Abnutzung stets eine Form der Kaufläche behalten, welche für die Function besonders geeignet ist. Die Schneidezähne der Nager sind die einfachste Form dieser Art. Sie sind nämlich auf ihrer vordern Fläche mit einer Schicht von weit größerer Härte (Schmelz) und öfters gelber oder gelbbrauner Färbung bekleidet. Indem diese harte Schicht der Abnutzung bei dem Aneinandergleiten der oberen und unteren Zähne den meisten Widerstand leistet, bildet sie stets eine scharfe Kante, und die ganze Kaufläche des Zahnes bildet mit seiner äußern Fläche eine in diese Kante auslaufende Meißelform.

Fig. 64.



Unterkiefer eines Nagethiers.

Bei manchen Backenzähnen pflanzenfressender Thiere zeigt sich dieses Verhältniß ebenfalls. Verwickelter ist es nur, insofern ein und derselbe Zahn theils an seinen seitlichen Flächen, theils in seinem Innern Schichten der harten Zahnmasse besitzt, welche mit weicheren Lagen (Dentin und Cäment) abwechseln. So bietet seine Kaufläche theils am Rande, theils an anderen Stellen erhöhte Kanten der harten Masse dar, zwischen welchen die weiche Substanz, wegen leichterer Abnutzung, sich in Furchen darstellt. Man nennt solche Zähne entweder schmelzfaltig oder zusammengesetzt. Manche dieser zusammengesetzten Zähne müssen, wenn sie tief abgenutzt sind, durch neue ersetzt werden, was namentlich von der merkwürdigen Zahnbildung der Elephanten gilt. Bei anderen dagegen bleibt die sog. Matrix des Zahnes stets in gleichmäßiger Thätigkeit, der Zahn wächst von unten stets in dem Maße nach, in welchem am andern Ende die Abnutzung fortschreitet. Damit der Zahn sich bequem hervorschieben kann, muß seine und seiner Zahnhöhle Achse entweder eine gerade Linie oder ein Stück eines Kreises bilden.

Fig. 65.



Schmelzfaltige Backenzähne.

Den letztern Fall sehen wir auf eine sehr in die Augen fallende Weise bei den Nagezähnen ausgebildet. Sie sind nämlich stets bedeutende Theile von Kreisen, zuweilen die volle Hälfte eines solchen. Die Zahnhöhle der Nagezähne des Unterkiefers ragt bei einzelnen Nagern bis in den Kronfortsatz, bei anderen bis in den Gelenkfortsatz hinein. Die oberen Nagezähne sind meist nach einem kürzern Radius gekrümmt als die unteren, bilden aber dabei einen um so größern Theil eines Kreises.

Die verhältnißmäßig große Länge dieser Zähne läßt sich nun keineswegs teleologisch hinreichend erklären durch die hohle Phrase, daß diese mächtige Ausbildung durch die sehr stark in Anspruch genommene Thätigkeit erfordert werde. Es kommt darauf an, sich genaue Rechenschaft davon zu geben, weßhalb zwischen der Matrix, welche den Zahn ernährt und der Kaufläche ein so langer (zur Zeit scheinbar unthätiger) Zahn sich befinden muß. Dieß hat nun ohne Zweifel den Nutzen, daß die Zahnwurzel und die weiche, blutgefäßreiche Masse, an deren Oberfläche sich die neue Zahnmasse stets bildet, weniger von dem Drucke leidet, welcher bei der Thätigkeit der Zähne entsteht. Dieser wird durch die Reibung zwischen dem langen Zahne und seiner Zahnhöhle abgeschwächt. Bei den der Abnutzung unterworfenen Backenzähnen finden wir keine verhältnißmäßige Länge der Alveolen. Es ist aber auch zwischen ihrer Function und der Thätigkeitsweise der Nagezähne der Unterschied, daß bei letzteren der Druck des einen Zahnpaares gegen das andere mehr parallel mit der Achse wirkt, wohingegen, wie sich sogleich ergeben wird, die oberen und unteren Backenzähne dieser Thiere mehr in horizontaler, also gegen die Achse des Zahnes mehr oder weniger normaler Richtung über einander hingleiten, so daß der Druck sich wenig gegen die Wurzel hin erstrecken kann.

Hinter den Schneidezähnen folgen bei den Nagern nach einer bedeutenden Lücke die Backenzähne, entweder mit Höckern besetzt oder mit solchen scharfen Kanten, wie sie, nach

der eben gegebenen Beschreibung sich bei steter Abnutzung stets erhalten oder vielmehr stets neu bilden. Die Hauptrichtung der Hervorragungen auf der Kaufläche und der zwischenliegenden Furchen ist eine quere, was mit den Bewegungen der Kinnlade zusammenhängt.

Berücksichtigen wir nämlich die Meißelform der Nagezähne und Richtung dieser Zähne gegen einander, so findet sich schon, daß die scharfen Kanten der unteren Zähne meistens sich nicht an der Hinterfläche der oberen hinaufschieben können, ohne daß dabei der Unterkiefer etwas zurückgeschoben wird. Zum Beginne jedes neuen Bisses muß er dann wieder vorrücken. Schon deßhalb muß der Unterkiefer sich in der Richtung von hinten nach vorn bewegen können. Ferner dürfte es wohl darauf ankommen, während des Kauens mit den Backenzähnen die Schneidezähne der untern und obern Kinnlade so von einander zu entfernen, daß sie sich nicht ganz unnütz an einander reiben und abnutzen. Auch dieß kann erreicht werden, wenn die Unterkieferschneidezähne durch ein Zurückziehen von der Berührung mit den oberen entfernt werden.

Zu diesem Behufe mußten also die Gelenkhöhlen für den Unterkiefer in den beiden Schläfenbeinen die Form von Rinnen haben, welche um 90° gegen die entsprechenden Gelenkhöhlen der Raubthiere gedreht sind: ihre Achsen laufen einander parallel von vorn nach hinten, statt daß sie bei jenen in einer geraden, von einer zur andern Seite laufenden Linie liegen.

Hiemit ist also eine in gerader Richtung vor- und rückwärts laufende Bewegung des Unterkiefers gegeben. Indem diese auch bei der Thätigkeit der Backenzähne angewandt wird, erklärt sich die Zweckmäßigkeit der angegebenen queren Richtung der Höcker und Kanten. Die Backenzähne reiben von hinten nach vorn und von vorn nach hinten an einander hin und zerreiben so, wie Mühlsteine, die Nahrung mit ihren scharfen Kanten.

Wie nun die Bildung der Zähne und Kiefer hier ganz anders ist, als bei den Raubthieren, so ist es auch die Entwicklung der Muskeln. Die größere Kraft muß bei den Nagern durchaus auf die so weit nach vorn gelegenen Schneiden der Nagezähne wirken. Da nun durch eben diese aus dem Maule vorstehenden Zähne die Nahrung schon zerkleinert wird, ehe sie weiter geht, so braucht das Maul nicht weit zu seyn, es können die Masseteren zu beiden Seiten der Mundhöhle bis weit nach vorn bedeutend sich entwickeln. Diese Muskeln, und besonders ihre vorderen Portionen, liegen nun aber sehr günstig zu großer Wirkung durch die Schneidezähne, indem sie diesen nahe, dem Gelenke fern, ihre Anheftungspunkte haben.

Zugleich wird durch die mächtige Entwicklung dieser Muskeln bei den Nagern auch die kräftige Vor- und Rückbewegung des Unterkiefers möglich. Die Masseteren zerfallen in mehrere Portionen, welche in schrägen Richtungen, zum Theil nach vorn, zum Theil rückwärts gewandt, gegen den Unterkiefer hinabsteigen, so daß die einen ihn im Heben nach vorn, die anderen, ebenfalls im Heben, nach rückwärts ziehen.

Den eigentlichen Nagern steht ein Beutelthier, der Wombat, in mancher Beziehung nahe. Doch fehlt ihm gerade die ausgezeichnete horizontale Kieferbewegung gänzlich. Seine Schneidezähne sind darum auch nicht scharf, sondern die Kauflächen der unteren legen sich schlicht an die der oberen an.

Die meisten Nager sind mehr für concentrirte Nahrung eingerichtet, wie sie sich in Körnern, Nüssen, Eicheln, Buchnüssen, den Samen der Coniferen u. dgl. finden. Einige neigen sich zu einer gemischten Nahrung, wie namentlich von den Ratten bekannt ist. Andere dagegen begnügen sich auch mit grünen Pflanzentheilen, wie die Hasen, und kommen so den Wiederkäuern näher.

Diese nun haben durchgehends Schneidezähne, welche nur zum Abraufen der Blätter, des Grases u. dgl. geeignet sind. Die Schneidezähne des Unterkiefers wirken gegen das von Zähnen entblößte Zahnfleisch des Zwischenkiefers. Dieser besitzt höchstens an den Seiten ein Paar spitzige, nicht schneidende Zähne. Eckzähne fehlen häufig, oder sind unbedeu-

tend, mindestens für das Kauen gleichgültig. So die langen Oberkieferzähne des männlichen Moschus.

Die Backenzähne sind mit scharfen Kanten besetzt und schon im Zustande der Ruhe ist es leicht zu erkennen, daß sie bestimmt sind, durch seitliche Verschiebung an einander zu wirken. Die beiden Zahnreihen des Unterkiefers stehen einander nämlich merklich näher, als die des Oberkiefers, so daß bei ruhig geschlossenem Kiefer die Kauflächen der oberen Backenzähne zum guten Theile nach Außen, die der unteren nach Innen frei liegen, also die Zähne der linken Seite sich nur decken können, wenn der Unterkiefer sich nach links schiebt u. s. w.

Demgemäß ist die Richtung der scharfen Kanten hier vorherrschend von hinten nach vorn. Ebenso finden wir die Gelenkfläche am Schläfenbeine meist sehr flach, so daß jeder Gelenkkopf des Unterkiefers leicht nach vorn verschoben werden kann, woraus denn jedes Mal eine Verschiebung des ganzen Unterkiefers nach der entgegengesetzten Seite folgt, eine Bewegung, wie sie auch der Mensch, bei seinen wenig vertieften Gelenkhöhlen, besonders durch die Musculi pterygoidei extt. hervorbringen kann. Bei den Wiederkäuern mögen auch die Schläfenmuskeln dazu beitragen. Indem nämlich der Kronfortsatz sich hier hoch in die Schläfengrube erhebt, so laufen die Fasern der Schläfenmuskeln nicht so vorherrschend in absteigender Richtung zu ihm, sondern auch in horizontaler Lage.

Bei den horizontalen Bewegungen dieser Backenzähne findet nun die feine Zerreibung der Pflanzentheile Statt, welche in großem Volumen nur wenig Nahrungsstoff enthalten.

Die pflanzenfressenden Vögel, deren es nicht wenige gibt, entsprechen in der Wahl ihrer Nahrung weit mehr den Nagern als den Krautfressern. Das Bedürfniß reichlicher Nahrung und eines nicht allzu plumpen, durch übermäßige Entwicklung des Darmes beschwerten Rumpfes erklären dieß. Gleichwohl genießen auch Vögel Gras u. dgl., wie wir an den Gänsen sehen, welche die Blätter mit ihrem breiten scharfen Schnabel abraufen.

Aber auch die Körner und Früchte fressenden Vögel, ebenso wie die Raubvögel, haben im Schnabel ein weit weniger für die Bearbeitung der Nahrung bestimmtes Werkzeug, als die Säugethiere in ihren Zähnen. Auch hier, wie bei den Insektenfressern, wird man manche Formen des Schnabels physiologisch besser verstehen, wenn man auf die Verhältnisse Rücksicht nimmt, unter welchen die Nahrung sich in der Natur findet, als auf Form und Consistenz der Nahrung selbst, welche meist im Ganzen verschlungen wird. Ein auffallendes Beispiel einer solchen Form ist der gekreuzte Schnabel der Lorien, welcher zum Hervorholen der Samen aus den Zapfen der Coniferen dient.

Nur hin und wieder finden sich Herbivoren unter den Fischen und Amphibien. So bei den Schildkröten, welche eine schnabelartige Hornbekleidung des Kiefers besitzen und vorübergehend bei Batrachierlarven, welche zu dieser Zeit ebenfalls eine hornige Bewaffnung des Kiefers haben. Die Karpfen, welche sich von Vegetabilien ernähren, besitzen ein ganz zahnloses Maul, aber im Schlunde, hinter den Kiemenspalten, an den sogen. unteren Schlundknochen, derbe Zähne, welche gegen eine harte, an einem Fortsatze der Schädelbasis befestigte Platte wirken.

Fig. 66.



Kopf der Schildkröte.

Es bleiben nur noch solche Formen der Bezahnung zu erwähnen, welche besonders wenig exclusiv auf die eine oder andere Nahrungsweise eingerichtet sind. Schon unter den beschriebenen Formen der Säugethiere waren manche, wie namentlich unter den Raubthieren die Bären, welche durch bedeutende Entwicklung der Höckerzähne sich zu den Omnivoren stellen. Solche Backenzähne besitzt nun namentlich der Mensch und die Affen. Auch das Schwein besitzt eine ähnliche, jedoch durch stärker vorspringende Höcker ausgezeich[illegible] [illegible]ahnung.

Fig. 67.



Schädel eines Schweins.

Das Zahnsystem des Menschen ist unter allen Bezahnungen jetzt lebender Thiere dadurch ausgezeichnet, daß die Zähne jedes Kiefers eine einzige dicht gedrängte Reihe ohne alle Lücken bilden, und daß zugleich, was damit zusammenhängt, kein Zahn sich der Höhe nach merklich über die Reihe der übrigen erhebt.

Fig. 68.



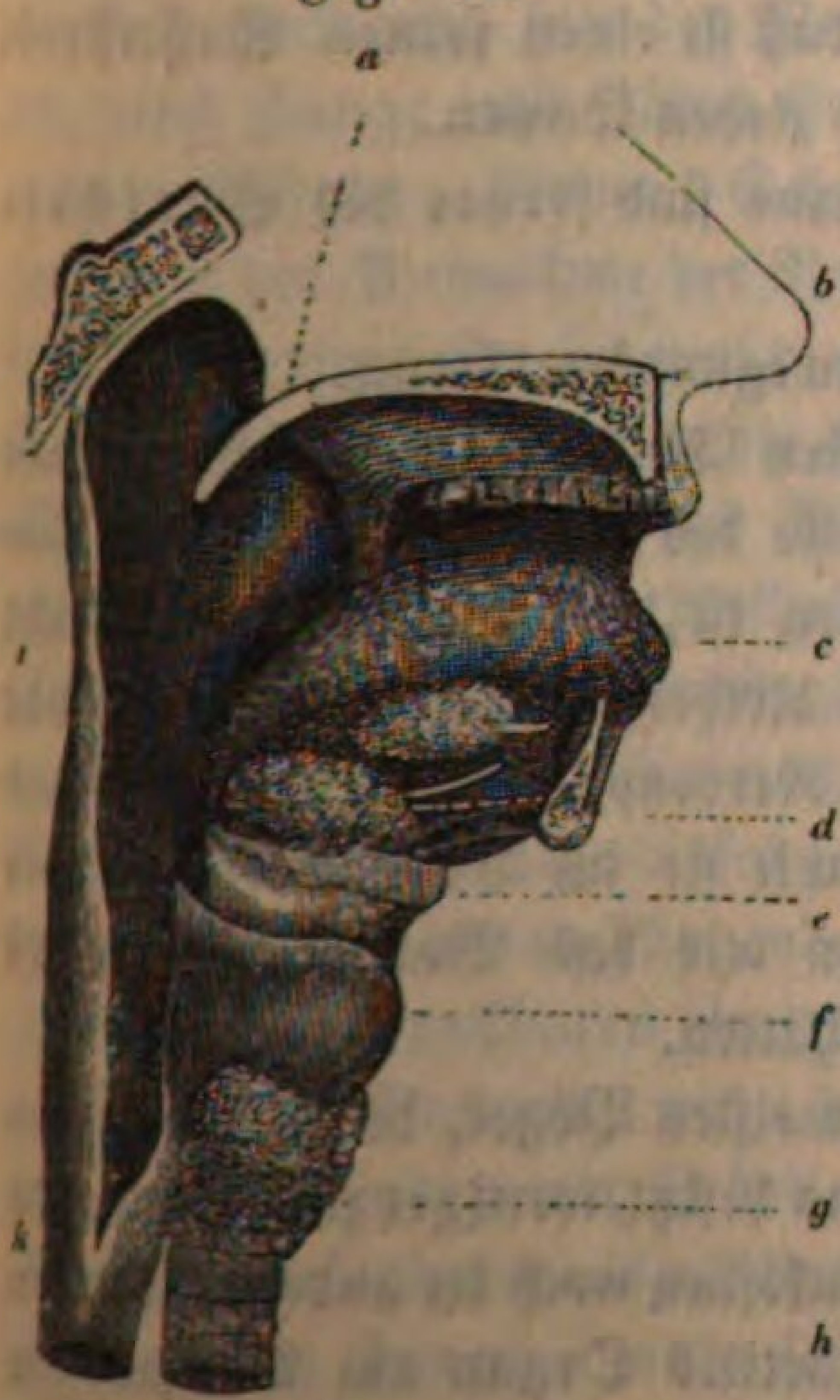
Schädel eines Menschen.

Fig. 69.



Die Mundhöhle. Damit, daß bei den Säugethieren fast allein, ihrem Zahnbau nach, eine eigentliche Zerkauung in der Mundhöhle möglich ist, steht denn auch der Plan des Baues ihrer Mundhöhle durch sonstige Eigenthümlichkeiten in offenbarer Beziehung. Vergleichen wir sie nämlich mit den übrigen Luftathmern, so stellt sich heraus, daß mit einziger Ausnahme der Krokodile alle übrigen Reptilien, eben so wie die Vögel, das solide Gewölbe der Mundhöhle (den knöchernen Gaumen) nicht in ähnlicher Weise besitzen, wie die Säugethiere. Ueberall ist dasselbe schon im Bereiche der Mundhöhle von den Oeffnungen durchbohrt, welche die Luft aus der Nase in den Speisekanal führen, von wo aus sie durch dessen untere Wand in die Luftröhre eintritt. Bei den Säugethieren sind diese Oeffnungen hinter die Mundhöhle verlegt und es ist die Mundhöhle abgegrenzt durch das Gaumensegel. Diese vom hintern Rande des harten Gaumens ausgehende weiche Fortsetzung kann durch ein Muskelpaar, welches zu den Seiten der Zunge hinabgeht und die sogenannten vorderen Gaumenbogen bildet, gegen den hintern Theil des Zungenrückens so angezogen werden, daß die Mundhöhle nach hinten gänzlich geschlossen wird. Es kann also die Mundhöhle in beliebigem Maße längere Zeit mit Speisen angefüllt seyn, ohne daß diese mit dem Luftstrome, welcher hinter dem Gaumensegel bald auf-, bald abwärts streicht, in Conflict gerathen.

Fig. 70.



Mundhöhle.

a Gaumensegel. b Nase. c Zunge. d Speicheldrüsen. e Zungenbein. f Kehlkopf. g Schilddrüse. h Luftröhre. i Schlund. k Speiseröhre.

Mit der bei den Säugethieren besonders ausgebreiteten und ausgebildeten eigentlichen Zerkäuung steht es auch im Zusammenhang, daß ihre Zunge meist so fleischig, breit, beweglich ist, daß bewegliche Backen und Lippen die Zahnreihen von Außen umschließen. So können die zum Zerkauen bestimmten Objecte durch das Gegeneinanderwirken der Zunge und der anderen beweglichen Theile zwischen die Zähne gebracht werden.

Die Vollkommenheit dieser Apparate macht den Säugthieren überhaupt das Schlucken besonders leicht. Bei den Vögeln z. B., wo die Wände der Mundhöhle außer dem Boden und der daran befindlichen Zunge starr, auch die hinteren Nasenöffnungen nicht so gegen den Speisekanal geschützt sind, geht das Saufen nicht anders, als daß die Thiere etwas Wasser in das Maul nehmen, dieses schließen und dann den Hals in die Höhe recken, während

die Säugthiere ohne die Haltung des Halses zu ändern, fortwährend schlürfen oder lecken und schlucken können. Wie wichtig ist ihnen diese Leichtigkeit des Schluckens von Flüssigkeiten aber gerade als Säugthieren!

Weßhalb bei den Krokodilen auch ein so ausgedehnter knöcherner Gaumen sich findet, den nur sehr weit nach hinten die hinteren Nasenöffnungen durchsetzen, weßhalb auch sie eine Art von ziemlich entwickeltem Gaumensegel haben, wird aus ihren besonderen Sitten zu erklären seyn. Zum Zerkauen sind ihre Zähne nicht geeignet. Offenbar kann aber das Thier das Maul unter Wasser öffnen und dabei, mittelst der äußeren Nasenlöcher, welche auf der Spitze der Schnauze stehen, athmen, wenn es nur eben diese Spitze über den Wasserspiegel hält.

Bei den Fischen kann eben so wenig eine bedeutendere Kauung im Maule Statt finden, da bis auf wenige Ausnahmen das zum Athmen dienende Wasser bei ihnen durch die Mundhöhle selbst hindurchströmen muß. Entweder müßte das Kauen die Athmung unterbrechen, oder die zerkleinerte Nahrung würde mit dem Wasser wieder durch die Kiemenspalten hinausgehen. Die Schlundzähne der Cyprinen sind aber allerdings so gelegen, daß ihre Wirkung keinen Schwierigkeiten der Art begegnet. Eigenthümlich bezeichnend für den verschiedenen Gebrauch der Theile bei Fischen und Säugthieren sind die weichen Klappen, welche bei ersteren mehrfach innerhalb der Zahnreihen vorkommen. Diese können wohl den Rücktritt des Respirationswassers durch das Maul hemmen, eben so, wie es eigentliche Lippen zu thun vermögen, sie können aber natürlich nicht wie diese bei einer Kauung nützlich seyn.

Bei den Fischen wird überhaupt, wie bei den Reptilien und Vögeln, meistens mehr die Aufnahmsweise des Nahrungsmateriales für die Einrichtung des Maules bedingend seyn. Leider kennen wir die Lebensweise der Fische gar zu wenig. Welche interessante Functionen aber in diesem Theile ihres Haushaltes vorkommen, davon mögen die Spritzfische (Chelmon, Toxotes) als Beispiele dienen, deren Maul so organisirt ist, daß sie einen feinen Wasserstrahl hervorschießen und damit fliegende Insekten in ihren Bereich ziehen können.

Wichtige, zur Ausrüstung der Mundhöhle gehörige Organe sind ferner die Speicheldrüsen und die Zunge.

Letztere dient in mancher Beziehung als Sinnes- und Bewegungswerkzeug.

Der Geschmackssinn findet sich wenigstens bei sehr vielen Thieren in diesem Organe und es ist überflüssig, über seinen Nutzen an dieser Stelle des Körpers auf irgend eine Erörterung einzugehen. Bei welchen Thieren er vorhanden ist, bei welchen er vielleicht fehlt, ist vielfach unsicher. Wir können uns bei unserem Urtheile hierüber nicht auf das Vorhandenseyn oder Nichtvorhandenseyn eines bestimmten Nervenpaares stützen, und das Organ selbst bietet keineswegs so deutliche Anhaltspunkte, wie sie im Vorhandenseyn oder Mangel z. B. der Augen oder Ohren liegen würden, wenn wir das Vorhandenseyn des Gesichts- oder Gehörsinnes bei einem Thiere zu beurtheilen hätten.

Indessen ist offenbar die Zunge vieler Thiere, z. B. der meisten Vögel, durch den derben hornartigen Ueberzug, welchen sie statt eines zarten Epitheliums besitzt, weniger zum Schmecken geeignet. In solchen Fällen kann aber immer der Geschmackssinn noch in anderen Theilen der Mundhöhle liegen, und man hat z. B. ein eigenes contractiles Organ am Gaumen der Cyprinen als einen wahrscheinlichen Sitz des Geschmackssinnes angesprochen. Auch eine bedeutende Verkümmerung der Zunge (wie z. B. bei Sula sich zeigt), oder gänzlicher Mangel derselben (wie bei Fischen, zungenlosen Batrachiern) beweist nicht den Mangel des Geschmackssinnes, da derselbe immer in dem kleinen Rudimente oder in der übrigen Schleimhaut des Maules seinen Sitz haben kann.

Die Betrachtung der Nahrung, und der Weise, wie sie verschlungen wird, kann uns aber freilich dahin leiten, anzuerkennen, daß das Bedürfniß eines solchen Sinnes für verschiedene Thiere in sehr verschiedenem Maße und für manche wohl gar nicht vorhanden seyn mag. Die Schärfe des sonstigen Instinktes, die Hülfe der übrigen Sinne, können die Thiere schon sehr richtig in der Wahl ihrer Nahrung leiten. Und was sollte der Geschmackssinn manchen

Thieren nützen, welche die Nahrung in großen Stücken ergreifen und sogleich verschlingen? — Das äußerst feine Gefühl, welches der Zunge sehr häufig zukommt, findet seinen Zweck u. A. in der Auffindung solcher Theile in dem Nahrungsmittel, welche durch ihre mechanischen Eigenschaften, Härte, scharfe Spitzen u. dgl. ungeeignet sind, verschlungen zu werden. Die Zunge fühlt solche Objecte, kann sie bei ihrer großen Beweglichkeit leicht näher prüfen, auch indem sie dieselben gegen Gaumen, Lippen, Zähne andrückt, welche ebenfalls Sitze eines mehr oder minder feinen Gefühls sind. (Ueber die Zähne s. d. Kap. vom Tastsinn). Theils ist auch dieß feine Gefühl als nothwendige Zugabe zu der hohen Beweglichkeit des Organes begreiflich. Je feiner die Bewegungen eines Organes sind, um so feiner muß auch sein Gefühl seyn, indem dieses den Bewegungen als Leiter dient. (An seinem Orte ausführlicher zu erläutern.) Die Zunge dient indeß auch außerhalb des Mundes durch ihr feines Gefühl als eigentliches Tastorgan bei den Schlangen, wo sie dann auf eine eigenthümliche Weise vorstreckbar ist. Sie steckt nämlich großentheils in einer Scheide und schiebt sich aus dieser zum Gebrauche hervor. Als Bewegungsorgan wirkt die Zunge sowohl in der Mundhöhle als außerhalb derselben. Was sie in dieser Hinsicht zu leisten vermag, ist leichter zu beobachten, und bei weitem eher aus dem anatomischen Befunde zu ermitteln, als die Ausbildung ihrer sensitiven Eigenschaften.

Bei Säugethieren und Vögeln ist sehr gewöhnlich die Hauptaufgabe der Zungenbewegung: die aufgenommene Nahrung im Munde in die gehörige Lage gegen die Zähne oder die Schnabelränder zu bringen und später sie behufs des Niederschluckens gegen den Schlund hin zu bewegen. Diese Function ist dem Menschen aus Selbstbeobachtung hinreichend bekannt. Bei Vögeln sehen wir auch leicht, wie beim Enthülsen von Samenkörnern die Zunge diese oft kleinen Objecte den scharfen Kanten der Schnabelspitzen darbietet. Findet sich in der aufgenommenen Nahrung etwas Ungeeignetes, so ist die Zunge das Instrument, um einen solchen Körper wieder zu entfernen und allenfalls sorgfältig aus dem brauchbaren Stoffe zu sondern, wie der Mensch z. B. ein Knochensplitterchen, was sich im Fleische findet, durch Zunge und Zähne isolirt und entfernt. Die Zunge ist ferner ein Organ, welches mit den Zähnen, Lippen, Schnabelkanten, so wie selbst den vorderen Extremitäten, concurrirt in der Aufnahme der Nahrung in das Maul. Eine wesentliche Theilnahme an diesem Acte kommt ihr bei verschiedenen Thieren aus allen Wirbelthierklassen zu. So ist der Gebrauch bekannt, welchen die Hunde beim Saufen von der Zunge machen. Die mit rauhen Spitzen besetzte Zunge des Rindes scheint beim Grasfressen allemal einen Bissen Gras gegen den zahnlosen Vordertheil des Oberkiefers zu drücken. Darauf folgt dann als zweiter Act die Wirkung der Schneidezähne des Unterkiefers gegen dieselbe Stelle.

Weit wichtiger ist aber noch die Function der Zunge bei manchen anderen, z. B. den Ameisenfressern, welche dieses sehr lange, dünne, schleimige Organ den Ameisen in den Weg bringen und die daran hängenden Thiere dann in das Maul führen. Die Giraffe soll mit ihrer sehr ausstreckbaren Zunge kleine Baumzweige umschlingen und in das Maul ziehen.

Auch zum Saugen, wozu die Zunge der neugebornen Säugethiere wohl durchgehends behilflich ist, finden wir sie bei einzelnen (den blattnasigen) Fledermäusen, wie dem bekannten Vampyr, besonders ausgebildet. Unter den Vögeln haben bekanntlich die Spechte Widerhaken an der Zunge, welche sehr weit vorgestreckt werden kann, und die ebenfalls sehr ausstreckbare Zunge der Kolibris dient durch eine tiefe Spaltung, die der Honigvögel (Cinnyridae) durch eine oft pinselartige Spitze dazu, den süßen Saft aus den Blumenkelchen zu holen.

In andrer Weise ist wieder bei verschiedenen Amphibien, namentlich dem Chamäleon und einigen Batrachiern die Zunge als Fanginstrument für Insecten eingerichtet. Schon bei den Laubfröschen bemerkt man, daß sie, nach einer Fliege springend, die Zunge hervorwerfen und mittelst derselben die Beute in das Maul ziehen. Noch auffallender ist diese Fangweise bei den Landsalamandern, besonders aber bei manchen Kröten. Diese Thiere halten sich, wenn sie eine Fliege in der Nähe bemerken, oft ganz ruhig, das Insekt nur mit den Augen verfolgend, bis es ihnen nahe genug gekommen ist. Dann öffnet sich bloß das

Maul, die Zunge fliegt schnell hinaus und eben so schnell mit der erfaßten Beute zurück. Die Zunge dieser Thiere ist im ruhigen Zustande gleichsam mit der Spitze nach hinten umgeschlagen, wodurch diese werfende Bewegung möglich wird. Besonders ausgezeichnet ist aber dieser Zungenwurf beim Chamäleon und beruht hier auf einer eigenthümlichen Organisation der Zunge, welche bis jetzt kaum recht klar verstanden zu seyn scheint.

Endlich findet sich auch unter den Fischen, welche so gewöhnlich nur eine Spur von Zunge besitzen, dieses Organ als kräftiges Bewegungswerkzeug ausgebildet. Es ist dieß bei den Cyklostomen der Fall, deren Zunge mit Zähnen besetzt und zugleich mit einem sehr eigenthümlichen ausgedehnten Bewegungsapparate versehen ist, durch welchen sie vor- und rückwärts bewegt werden kann. Sie dient offenbar als Angriffs- und Saugwerkzeug.

Als eigenthümliche Formen, deren Zweck bis jetzt nicht bestimmt erkannt worden ist, verdienen namentlich die des Schnabelthieres und Kaschikame (Dasypus peba) Erwähnung. Bei ersterem wird der hintere Theil der Zunge ganz plötzlich viel höher und dicker als der vordere, so daß gleichsam ein dicker Wulst auf dem hintern Theile der Zunge aufliegt. Dieser ist nach vorn zu mit zwei derben hornigen Spitzen besetzt, welche offenbar gegen eine nahe vor ihnen liegende Stelle des schmalern Zungentheils wirken können. *) Eine hornige kleine Zange soll sich auch beim Kaschikame, hier aber dicht unter der Zungenspitze finden.

Starke Hornbewaffnung findet sich übrigens auch an den Seitenrändern der Zunge der gemeinen Ente, und an einigen andern Vogelzungen.

Eine eigenthümliche Bildung von Lappen unter der Zungenspitze, sogenannte Unterzungen, kommen bei manchen Affen u. s. w. vor; auch ihre Function ist unbekannt.

Der Nutzen der Zunge als Bewegungsorgan geht aber für manche Thiere auch verloren. Nicht zu sprechen von denen, welche gar keine Zunge, oder nur ein Rudiment davon besitzen, finden wir auch bei Cetaceen und Krokodillen ganz entwickelte aber im Boden der Mundhöhle festgewachsene Zungen, welche nur geringe Bewegungen ausführen können.

Während des Aufenthaltes der Speisen im Maule fließt denselben aus mehreren Drüsenpaaren der Speichel zu, eine Flüssigkeit, welche vor allen Dingen dazu bestimmt zu seyn scheint, das Niederschlingen zu erleichtern. Werden die Speisen sorgfältig zerkäut, so bilden sie mit dem Speichel zusammen eine weiche Masse, welche dann zu einem Ballen geformt von der Zunge in den Schlund geschoben wird. Speisen, welche schon ohnehin eine so weiche Consistenz haben, können auch ohne Einspeichelung verschluckt werden, wogegen trockene Speisen viel Speichel erfordern und nicht eher niedergeschluckt werden können, ehe ihnen dieser nicht zugeflossen ist. Bei den Thieren, welche nicht käuen, dient der Speichel wenigstens um die Oberfläche des Bissens schlüpfrig zu machen.

Auf diesen Nutzen des Speichels Gewicht zu legen, sind wir besonders durch das verbreitete Vorkommen der Speicheldrüsen veranlaßt, während die Versuche, dem Speichel eine wichtige chemische Einwirkung bei der Verdauung zu vindiciren, zu dem Resultate geführt haben, daß derselbe, mit dem Mundschleime zusammenwirkend (keine von beiden Flüssigkeiten, allein genommen, hat diese Eigenschaft), allerdings das Stärkemehl in Zucker umwandelt. Die Speicheldrüsen fehlen aber den am entschiedensten auf Fleischnahrung angewiesenen Thieren, z. B. den Katzenarten, den Raubvögeln u. s. w. durchaus nicht. Und wenn man auch die Bemerkung gemacht hat, daß unter den Säugethieren die Raubthiere im Allgemeinen weniger stark mit Speicheldrüsen ausgerüstet sind, als die übrigen, so könnte das ebensowohl darauf bezogen werden, daß die Raubthiere auch am wenigsten kauen, daß ihre Nahrung sich leichter schlucken läßt, als darauf, daß in ihrer Nahrung kein Stärkemehl vorkommt. Indessen muß man nach den neueren Beobachtungen über die Einwirkung des Speichels auf das Stärkemehl wohl das Verhältniß so auffassen: daß die Pflanzenfresser,

*) Voigt hat in seiner Uebersetzung des „Thierreichs“ die Vermuthung ausgesprochen, daß dem Schnabelthiere die Epiglottis fehle, indem der Zungenwulst sie vertrete, wovon wir jedoch das Gegentheil versichern können.

indem sie eine einerseits meist stärkemehlhaltige, andrerseits einer genauen Käuung bedürftige Speise genießen, eben bei dem Acte des Kauens zugleich die mechanisch und chemisch wichtige Einspeichelung in passendem Maße vollziehen. Uebrigens ist es wohl wahrscheinlich, daß die chemische Natur des Speichels, namentlich seine Einwirkung auf das Stärkemehl, nicht überall dieselbe seyn wird.

Dagegen läßt es sich einigermaßen als Regel betrachten, daß die unter dem Wasser lebenden oder fressenden Thiere keine Speicheldrüsen besitzen, während sie allen anderen zukommen. So finden sich bei allen Vögeln und bei keinem Fische diese Drüsen. Unter den Säugethieren aber fehlen sie den Cetaceen gänzlich und sind auch bei Phoken wenig entwickelt. Ueber die Amphibien läßt sich weniger Sicheres sagen, indem hier, auch wo keine Drüsen an den Stellen der gewöhnlichen Speicheldrüsen sitzen, doch mancherlei andere Drüschen im Maule sich finden, welche mehr oder weniger die Stelle jener vertreten können.

Bemerkenswerth ist es aber, daß bei den Schlangen, außer entwickelten Speicheldrüsen noch die Thränendrüse und eine Nasendrüse ihren Saft in die Mundhöhle ergießen.

Auch finden sich bei nicht giftigen Schlangen noch Drüsen, welche die Stelle der Giftdrüsen einnehmen und ihren Saft ebenfalls in das Maul fließen lassen.

Außer den Speicheldrüsen finden sich im Maule und Schlunde noch manche, bald kleinere bald größere, bald vereinzelte bald zusammengehäufte Drüsen. Von letzten sind die sogenannten **Mandeln** (tonsillae) ein Beispiel. Auch das Sekret der Thränendrüsen findet, wo es nicht in das Maul fließt, seinen Weg in den Schlund. So namentlich bei den Säugethieren. Alle diese Flüssigkeiten dienen, um Mund, Schlund, Speiseröhre feucht und schlüpfrig zu erhalten.

Die **Giftdrüsen** selbst kommen nur Schlangen zu. Der tödliche Saft, welchen sie erzeugen, wird durch den Biß um so sicherer in die Wunde geführt, als der ausführende Kanal der Drüse in einen Zahn eintritt und an diesem sich öffnet, so daß man sagen könnte: der Ausführungsgang besitze ein zahnförmiges Ende.

Als bemerkenswerthe, aber nur wenig ausgebreitet vorkommende Organe an der Mundhöhle erwähnen wir noch die **Backentaschen** mancher Säugthiere und die eigenthümliche, zu ähnlichem Zwecke dienende **Erweiterung** der **Mundhöhle** des Pelikans (in geringerem Grade auch bei Sula), welche ihm durch die höchst dehnbare, sackförmige Beschaffenheit des Bodens dieser Höhle gewährt ist.

Die Backentaschen sind fast immer, wie beim Hamster und manchen Affen, Säcke, aus der Schleimhaut der Innenseite der Wangen gebildet, und somit in das Maul geöffnet. In wenigen Fällen, sehr ausgebildet jedoch bei der sogenannten Taschenmaus (Ascomys oder Saccophorus) und dem Pterognathus des Prinzen Max von Wied, finden sich auch Säcke, deren Ausgang äußerlich, neben dem Maule ist, so daß sie nicht Beutel der Schleimhaut, sondern der äußern Haut sind.

Schlund und Speiseröhre. Indem das nächste Organ nach dem Maule, welches eine bedeutende Einwirkung auf die Speisen auszuüben hat, der Magen ist, so findet sich zwischen beiden ein einfaches, meist in ziemlich gerader Linie verlaufendes, muskulöses Rohr, dessen Bau und Anlage also auch durchaus auf die einfache Function der Fortbewegung der Speise von einem Orte zum andern hinweist. Bei der, so weit die übrigen Verhältnisse es erlauben, meist geraden Richtung des Rohres, ist seine Länge verschieden, je nach der Länge des Halses und des Brustkastens. Von einer bestimmten Beziehung zur Function ist aber die Weite dieses Rohres. Es ist sehr eng bei Thieren, welche die Nahrung in sehr zerkleinertem Zustande genießen, wie z. B. bei Nagern und Krautfressern, während die eigentlichen Raubthiere eine weite Speiseröhre besitzen. In letzterer Hinsicht möchten sich die ächten Schlangen und die Haifische ganz besonders auszeichnen.

Bei diesen Schlangen ist aber daneben eine auffallende Dünnheit der Wandungen (Schwäche der Muskelschichten!) bemerklich. Das gewöhnliche Verhältniß ist nämlich durchaus, daß

die Speiseröhre den vom Maule aus erhaltenen Bissen durch die Zusammenziehung ihrer Muskelfasern in den Magen fortschiebt. So finden wir die Speiseröhre muskulöser, wo große Bissen verschlungen zu werden pflegen. Indem sich diese Regel nun bei den Schlangen nicht bestätigt, welche doch verhältnißmäßig so ungeheure Massen verschlingen, so ist es klar, daß sie andere als die gewöhnlichen Hülfsmittel besitzen müssen. Es wurde auch schon oben erwähnt, daß die eigenthümliche Beweglichkeit des Kiefergerüstes, die Fähigkeit, einzelne Abtheilungen desselben abgesondert vorzuschieben, sie dann in die Beute einzuhaken und sie darauf wieder zurückzuziehen, ein solches Hülfsmittel abgebe, indem man diese Operation wohl mit dem Hinaufklettern eines Menschen an einem Baume vergleichen kann, wobei derselbe Arme und Beine um den Baum schlingt.

Es ist aber sehr wahrscheinlich, daß auch die Muskeln der animalischen Leibesschicht oder äußern Körperwandung, in so weit sie die Speiseröhre umgeben, durch Zusammenziehungen das Hinabgleiten der großen Massen unterstützen, zu deren Volumen die schwachen Wandungen der Speiseröhre selbst in keinem Verhältnisse stehen.

Bei allen übrigen Wirbelthieren sind es die Muskelfasern der Speiseröhre selbst, welche die Hinabbewegung des Bissens bewirken.

Die Fasern dieser Muskelschichten verlaufen in verschiedenen Hauptrichtungen. In vielen Fällen theils der Länge, theils der Quere des Rohres nach gerichtet, in anderen schräg an demselben sich erstreckend, also Spiralen bildend, links und rechts gewunden, so daß auch in diesem Falle eine Durchkreuzung Statt findet. Die Bewegung des Inhaltes wird stets lediglich oder großentheils durch die wurmförmige, nach hinten zu fortschreitende (peristaltische) Bewegungsweise bewirkt werden müssen, welche sich an den Därmen wiederfindet. Die Muskelfasern bewirken zunächst am obern Ende des Rohres eine Verengerung. Indem dann nach der Reihe von oben nach unten die Fasern in Zusammenziehung übergehen, die eben zusammengezogenen aber bald wieder nachlassen, entsteht entweder die Erscheinung einer an dem Rohre hinschreitenden, oder sich allmälig über dasselbe verbreitenden Verengerung. Hiedurch muß ein Fortschieben des Bissens bewirkt werden, welches aber durch Zusammenziehungen im Sinne der Länge des Rohres nach unterstützt werden kann.

Es ist nicht zu bezweifeln, daß diese Bewegungen bei manchen Thieren rascher, bei anderen weit langsamer vor sich gehen, je nachdem die quergestreiften oder die schlichten Muskelfasern mehr Antheil an der Bildung der Speiseröhre nehmen. Denn es ist hier die Gegend, wo die Bewegung der Speisemasse von der einen Art der Muskelfaser, welche im Mund und Schlund herrscht, an die andere übergeht, welche den Darm und Magen bekleiden.*) Diese Gränze liegt aber bald höher, bald tiefer; bei Fröschen und Vögeln fand man sie oben am Schlunde, bei manchen Säugethieren unten am Uebergange in den Magen (Nagethiere), bei Hund und Katze findet man am untern Theile der Speiseröhre Schichten von beiden Arten der Fasern. Diesen anatomischen Verschiedenheiten entsprechend bemerkt man bei Reizung der Speiseröhre entweder rasche, zuckende Bewegungen, der quergestreiften Faser angehörig, oder langsamere, mehr andauernde, oder beides neben einander.

Eine bei Vögeln häufig vorkommende bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit sind die unter dem Namen K r o p f bekannten Erweiterungen der Speiseröhre, in welchen Nahrungsstoff aufgehäuft werden kann. Physiologisch interessant ist besonders der Kropf der Tauben, an welchem sich der Drüsenapparat gegen die Zeit des Auskriechens der Jungen sehr entwickelt und eine breiige Masse absondert, welche zur Ernährung der Jungen verwandt wird, so daß ein Vergleich mit der Ernährungsweise der jungen Säugethiere nahe liegt. — Der Form nach sehr auffallend sind die Erweiterungen an der Speiseröhre von Opisthocomus cristatus.

Eine andere erwähnenswerthe Beschaffenheit der Speiseröhre kennen wir an den See=

---

*) Die einzige bekannte Ausnahme dieser Regel unter den Wirbelthieren bildet Cyprinus tinca, die Schleihe.

schildkröten, bei welchen nämlich die Innenfläche dicht mit nach hinten gerichteten, spitzen, dicken Zapfen besetzt ist. Auch bei Fischen finden sich mitunter Zapfen (und selbst von bedeutender Härte) an der Schleimhaut der Speiseröhre. Ganz einzig ist es aber, daß bei einer Schlange (Coluber scaber) die von den Wirbelkörpern herabsteigenden, rückwärts gerichteten Fortsätze, mit Email bekleidet die Wand des Oesophagus durchdringen, so daß sie in demselben wie eine Reihe von Zähnen auftreten, deren Beziehung wohl ohne Zweifel in den oben erwähnten Schlingbewegungen des Rumpfes zu suchen ist. Daß sie nicht kauen können, liegt am Tage, da keine harte Masse vorhanden ist, gegen welche sie wirken könnten. —

Die Speiseröhre geht an ihrem untern Ende manchmal unmerklich, manchmal scharf abgesetzt in den **Magen** über. Dieser wichtige Theil des Darmkanals bewirkt, so weit wir seine Funktion genau kennen, durch den chemischen Einfluß der in seinen Drüsen gebildeten Flüssigkeit, eine Auflösung der Nahrungsstoffe. — Da sich jedoch seine Thätigkeit bei weitem nicht in allen Fällen auf diese Auflösung beschränkt, so ist eine Verschiedenartigkeit seiner Einwirkung auf die Speisemassen sehr häufig auch in seiner anatomischen Einrichtung ausgedrückt; wir unterscheiden in verschiedenen Gegenden des Magens einen verschiedenen Bau der Wandungen, und bei manchen Thieren bleibt es nicht dabei, sondern der Magen gliedert sich in mehrere Abtheilungen, welche selbst nur durch enge Oeffnungen mit einander zusammenhängen. Es ist in solchen zusammengesetzten Magenbildungen mehrfach ganz klar, daß ein Theil des Magens wesentlich auf eine mechanische Einwirkung auf die Speisen berechnet ist, in andern Fällen dient eine oder dienen mehrere Abtheilungen des Magens mehr als Behälter, aus welchen die Nahrung dann zu weiterer Bearbeitung erst wieder ausgetrieben werden muß. Manchfach finden sich aber freilich auch zusammengesetzte Mägen, deren besondern Zweck uns bis jetzt weder die Kenntniß des feinern Baues noch die Beobachtung über Beschaffenheit des Inhaltes verrathen.

Ehe wir jedoch die merkwürdigsten Formen dieses Gebildes näher betrachten, werden hier einige Bemerkungen über den **Darm im Allgemeinen** am Platze seyn. Denn es sind gewisse Schichten als Bestandtheile dieses Rohres fast überall zu unterscheiden, nur kommen sie, und das gilt ganz besonders vom Magen, in sehr verschiedener Mächtigkeit entwickelt vor und gewinnen auch sonst durch manche Modificationen ein verschiedenartiges Ansehen. Betrachten wir den Darmkanal von außen, so finden wir ihn zunächst bedeckt von einer weißen, glatten sogenannten **serösen Haut**. Das ist ein Gewebe feiner Zellgewebsfäden, auf dessen freier Fläche man eine dünne Schicht von Epithelium unterscheidet. An diese äußerste Schicht befestigen sich Häute von gleichem Bau, durch welche der Darm bald dichter bald lockerer mit den Wandungen der Bauchhöhle, besonders mit der Rückenwand derselben verbunden ist. Das ist das sog. **Mesenterium**, welches in seinen einzelnen Abtheilungen, je nach den Theilen des Darmes, mit welchen es sich verbindet, mit besonderen Namen als Mesogastrium, Mesocolon, Mesorectum u. s. w. bezeichnet werden kann. Nur an einigen Stellen pflegt der Darm dicht an die Wandungen der Bauchhöhle angewachsen zu seyn. Bei einzelnen Fischen findet sich dieß in ausgedehnter Masse. Da nun von einer ähnlichen glatten Haut auch die freie Innenwand der Leibeshöhle, so wie die übrigen im Unterleibe gelegenen Organe, mindestens an ihrer der Unterleibshöhle zugekehrten Fläche überzogen sind, so kann der Darmkanal sich ohne Reibung hin und her schieben, was zur Vollziehung seiner Einwirkung auf die Speisen nöthig ist. Daß aber, bei der oft so vielfach verschlungenen Lage des Darmes durch jene Bewegungen nicht gänzliche Lagenveränderungen oder gar Verschlingungen, Knoten des Darmes entstehen, dem ist durch das Mesenterium vorgebeugt. Da in demselben auch die Blutgefäße und Nerven liegen, welche für den Darm bestimmt sind, so ist das Mesenterium auch diesen ein Schutz gegen übermäßige Zerrung und Zerreißung. Daher ist es zu verstehen, daß bei sehr einfach geformtem, fast gerade vom Magen zum After laufendem Darme, das Mesenterium wohl fehlen darf. So sehen wir es bei einigen Fischen, deren Bewegungsweise ja ohnehin bedeutendere Erschütterungen, welche Zerrungen an den Blutgefäßen u. s. w.

bewirken könnten, ausschließt. — Einige eigenthümliche Entwicklungen des Mesenteriums werden mit dem Namen der *Netze* (omenta) bezeichnet. Es sind Bildungen, welche lappen- oder sackförmig theils frei über die Därme hin sich lagern, theils auch Brücken von einem Theile der Eingeweide zum andern bilden.

Innerhalb der serösen Hülle unterscheidet man am Darme noch zwei Schichten: die *Muskelhaut* und die *Schleimhaut*. Die Muskelschicht liegt in der Mitte der Dicke der Darmwandung, besteht in der Regel aus glatten Muskelfasern, welche, in verschiedenen Richtungen sich kreuzend, bald mehr eine ebenmäßige Haut darstellen, in andern Fällen mehr zu einzelnen dickeren Muskelstreifen zusammentreten, wie z. B. die Längsfasern sogenannte ligamenta coli bilden, während an verschiedenen anderen Stellen, besonders häufig, wo der Magen sich mit dem Dünndarme verbindet, Querfasern in der Form eines Muskelringes sich anhäufen.

Die innerste Schicht, die sogenannte Schleimhaut, ist ein lockeres Gewebe aus Zellgewebsfasern, nebst zahlreichen Gefäßnetzen und Drüsen. Der letztere höchst wichtige Bestandtheil kommt in manchfaltigen Formen und sehr verschiedenen Graden der Frequenz vor, so daß manche Stellen der Schleimhaut fast nur aus neben einander stehenden, auf der innern Darmfläche sich öffnenden kleinen Drüsencylindern bestehen. Solche Gegenden finden sich namentlich im Magen. Aber eben hier finden sich auch wieder Strecken ganz von Drüsen entblößt, ja mit solcher Umwandlung der Schleimhaut, daß man ihr, physiologisch genommen, diesen Namen ganz absprechen müßte. So finden sich namentlich im Magen der Vögel Platten von bedeutender Festigkeit, offenbar zu mechanischer Einwirkung auf den Mageninhalt bestimmt. Diese sind gleichsam Schwielen, bedeutende Verdickungen einer Epithelialschicht, welche sich sonst als sehr zartes Blättchen überall an der Oberfläche der Schleimhäute findet. Dieß Epithelium gehört, wie die Epidermis der äußern Haut, zu den Hornbildungen, und wie gegen die hornigen Bildungen der äußern Haut stellenweise die eigentliche Lederhaut mit ihren Drüsen u. s. w. zurücktritt, so geschieht es an solchen Stellen auch mit der Schleimhaut. Wir erinnern uns hier, wie auch im Maule hornige Gebilde als Zungenstacheln, Walfischbarten u. s. w. vorkommen, und wie auch auf der Grenze zwischen äußerer und Schleimhaut solche Hornmassen als Schnabel auftreten. — Noch sind, als sehr gewöhnliche Entwicklungen der Schleimhaut, besonders der dünnen Därme, die Zotten und Fältchen an der freien Fläche derselben zu nennen. Es sind dieß verschieden gestaltete Vorsprünge des Schleimhautgewebes in die Darmhöhle, in welchen die auffaugenden Gefäße einen wichtigen Platz einnehmen. Sie vergrößern die Oberfläche des Darmes.

Der *Magen* ist sehr gewöhnlich von der Speiseröhre schon durch die plötzliche Aenderung der Capacität der Höhle abgegrenzt. Das ist namentlich bei Säugethieren sehr allgemein der Fall und es tritt bei ihnen selbst öfters noch eine klappenartige Vorrichtung (beim Pferde) oder auch eine Mehrzahl von Läppchen und Zäpfchen der Schleimhaut so in die Höhle vor, daß dadurch der Rückgang aus dem Magen in die Speiseröhre ventilartig verhindert ist.

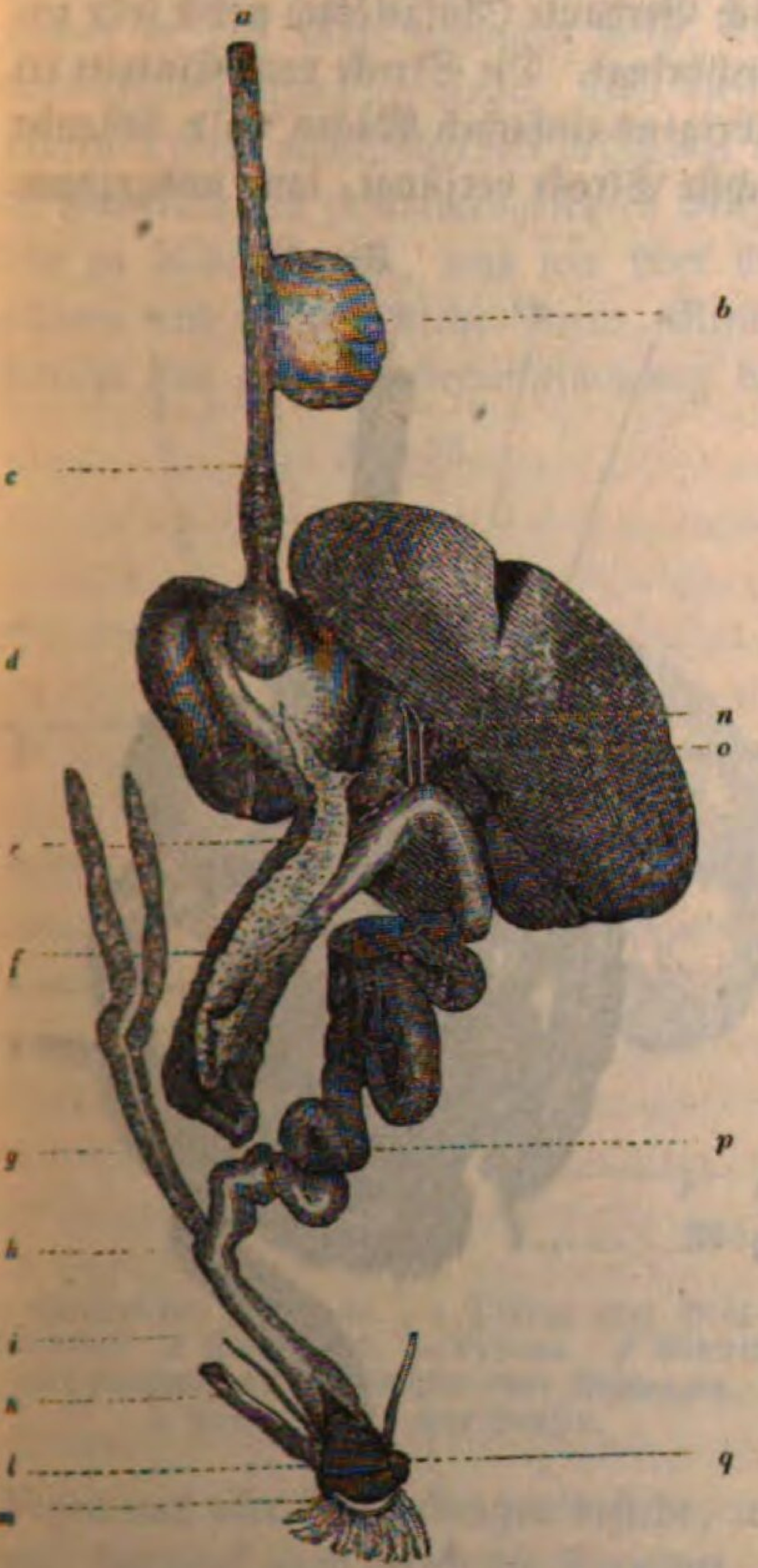
In vielen anderen Fällen dagegen, namentlich bei Reptilien und Fischen, geht die Speiseröhre allmälig mehr trichterförmig in den Magen über, oder es ist selbst gar kein Unterschied zwischen den Durchmessern dieser Abtheilungen, wo dann nur noch der feinere Bau, die Anlage der Magendrüsen u. s. w. die Erkennung des eigentlichen Magens möglich macht. Aber selbst dieses Merkmal hat bei manchen Fischen bis jetzt nicht zu der Erkenntniß einer bestimmten Grenze geführt.

Bei den *Vögeln* ist die Einrichtung eigenthümlich, insofern hier der Magen fast durchweg in zwei deutlich an Bau verschiedene Theile zerfällt, deren einer oft nur wie eine mäßige Erweiterung des untern Endes der Speiseröhre auftritt, während sein feiner Bau ihn doch sehr bestimmt als einen Magen kenntlich macht.

Bei allen Verschiedenheiten der Form enthält seine Wandung nämlich stets dicht gedrängte, oft recht große Drüsenschläuche. Die Wand besteht fast nur daraus. Auf diesen Drüsen- oder

Vormagen folgt dann erst der größere Hauptmagen oder Muskelmagen. Letzterer Name entspricht der stets ziemlich fleischigen Beschaffenheit der Wandungen, welche vielfach (wie namentlich bei den Körnerfressern, z. B. unsern Hausvögeln) selbst so dick sind, daß der äußerlich ganz ansehnliche Magen doch nur eine unbeträchtliche Höhle enthält. Da nun alle Nahrung durch den Drüsenmagen hindurch zu dem Hauptmagen oder Muskelmagen gelangt, so kann sie in letztern den nöthigen Verdauungssaft mitnehmen, oder es kann dieser auch noch nachfließen. — Der zweite Magen ist dagegen besonders bestimmt, durch mechanische Einwirkung die chemische Veränderung der Speisen zu fördern, und ist in diesem Sinne auch besonders bei Vögeln entwickelt, welche sich an Pflanzenkost halten. Hier findet man, außer den oben erwähnten Mu elmassen, auch jene harten Hornplatten, ganz offenbar bestimmt zur Zerreibung des Futters zu wirken und so theilweise zu ersetzen, was dem Vogel in der Form eines Gebisses oder Kauapparates im Maule nicht gewährt werden konnte. Es scheint, daß auch Steinchen, welche man in den Mägen mancher Vögel findet, den Zweck der Zerkleinerung des Futters haben und von den Vögeln instinktmäßig verschluckt werden. (Kalkstein müssen freilich die Vögel, wenigstens die viele Eier legenden Hühner, auch fressen, um den Eiern Schalen mitgeben zu können.) Bei den Vögeln sitzt an diesem muskulösen rundlichen Magen der Dünndarm gewöhnlich nahe rechts von der Speiseröhre an, so daß ein sehr plötzlicher Uebergang, dem Umfange und dem Bau nach, zwischen beiden Statt hat. In einzelnen Vogelmägen findet sich, dem Beginne des Dünndarms entsprechend, noch eine kleine besondere Abtheilung, eine Art von drittem Magen, dessen besondere Funktion nicht anzugeben ist. Bemerkenswerth jedoch erscheint es, daß man diese Einrichtung bis jetzt nur von einigen fleischfressenden Vögeln kennt.

Fig. 71.



Darmapparat eines Vogels.

a Speiseröhre. b Kropf. c Drüsenmagen. d Muskelmagen. e Bauchspeicheldrüse. f Zwölffingerdarm. g Blinddärme. h Dickdarm. i Harnröhre. k Eileiter. l Geöffnete Kloake. m After. n Leber. o Gallenblase. p Gallengänge. q Dünndarm.

Ganz Aehnliches ist am Magen der Krokodille beobachtet und es ist dieser kleine Nachmagen durch eine starke Verengerung sehr bestimmt von dem Anfange des Dünndarms innerlich geschieden, so daß eine Verwechslung mit den sonst häufig vorkommenden Erweiterungen des Dünndarmanfanges nicht möglich ist. Auch in sonstigen Formverhältnissen und der Entwicklung der Muskelmasse steht der Magen des Krokodils den Mägen fleischfressender Vögel nahe.

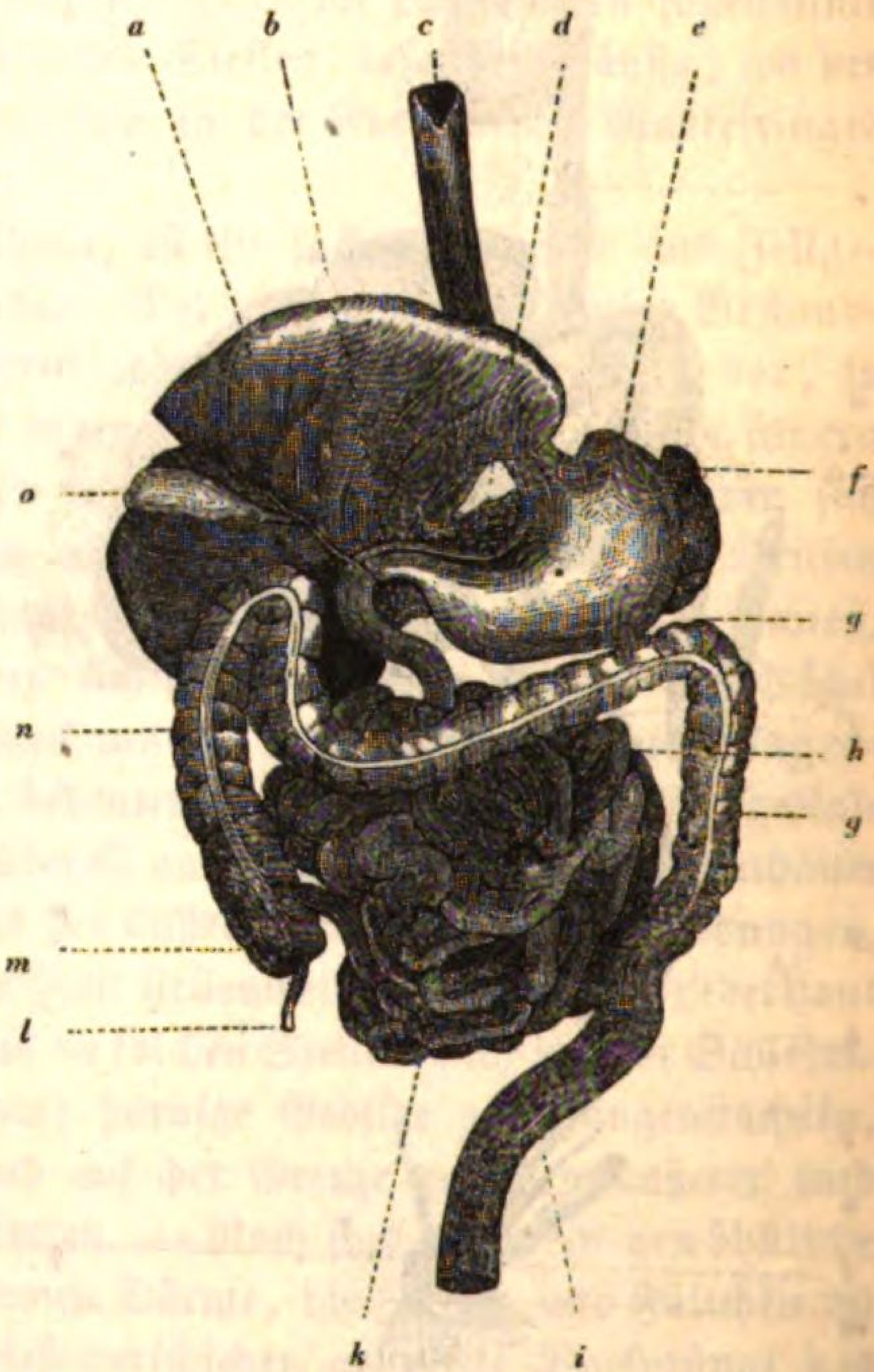
Unter den Säugethieren bietet die Ausbildung des Magens die interessanteste Manchfaltigkeit dar, interessant besonders, weil wir über den physiologischen Werth mancher dieser Einrichtungen Auskunft geben können.

So finden sich einfache Magenformen besonders unter den Thieren von gemischter und rein animalischer Nahrung. An den Magensack tritt von oben die Speiseröhre; nach rechts davon verengt sich der Magen mehr oder weniger allmälig gegen den Dünndarm, von

welchem er, wie bei den übrigen Wirbelthieren, durch einen Ringmuskel und entsprechenden Schleimhautwulst, Pylorus, abgeschieden wird; diese enge Stelle ist ohne Zweifel, wie durch die Ansammlung von Ringmuskelfasern, so auch durch Empfindlichkeit geeignet, gröberen Mageninhalt zurückzuweisen, so daß nur das eigentlich Verdaute (Aufgelöste) nebst sehr zerfallenen unaufgelösten Massen in der Regel hindurchdringt. Die Strecke vom Eintritt der Speiseröhre (Cardia) bis zum Pylorus ist bei den übrigens einfachen Mägen bald schlanker gebildet, bald mehr verkürzt, die dem Pylorus nächste Strecke verjüngt, lang ausgezogen, gekrümmt in verschiedenem Maße, und es finden sich bedeutende Abweichungen selbst bei nahe verwandten Thieren. So scheint mir der Magen des Leoparden z. B. im Vergleiche mit dem sehr kugeligen Katzenmagen recht bedeutend gestreckt.

Nach links von der Einmündung der Speiseröhre wölbt sich aber, auch bei den einfachsten Formen (unter den Säugethieren) noch ein Theil des Magens hervor, der sog. Blindsack. Diesen Theil mögen wir für den wandelbarsten erklären, aus deſſen Erweiterungen und Abschnürungen hauptsächlich die abweichenderen und verwickelteren Magenformen der Säugethiere sich herzuleiten scheinen. Schon bei den einfachen Mägen, z. B. des Menschen, der Raubthiere, mancher Affen, finden wir besonders in dieser Entwicklung Verschiedenheiten. Auf höherer Stufe steht dann zunächst eine Differenz, welche sich im Bau der Wandungen des eigentlichen Magens und des Blindsackes zeigt, wie man so ausgezeichnet bei Ratten sieht, deren Magen durch eine scharfe, von der Cardia vorn und hinten herab laufende Grenzlinie in einen eigentlichen, mit dicker, weicher Schleimhaut versehenen Magen, und in einen bedeutenden Blindsack geschieden wird, dessen innerste Membran viel dünner ist, so daß er gewiß nur als Vorrathsraum des Magens in Betracht kommt, welcher dann seinen Inhalt allmälig in den eigentlich verdauenden Theil schiebt.

Fig. 72.



Darmapparat des Menschen.

a Leber. *b* untere Nasenöffnung, Pylorus. *c* Speiseröhre. *d* Pancreatische Drüse. *e* Magen. *f* Milz. *g* Grimmdarm (Colon). *h* und *k* kleine Eingeweide. *i* Mastdarm. *l* Fortsatz des Blinddarms. *m* Blinddarm. *n* große Eingeweide. *o* Gallenblase.

Weitere Schritte zu complicirterer Ausbildung des Magens geschehen dann durch eigentliche Einschnürungen, durch welche zwei oder mehrere, zuweilen nur durch enge Oeffnungen zusammenhängende Abtheilungen des Magens entstehen, welche offenbar nicht stets jede eine ganz besondere Function haben werden, namentlich auch nicht durch solche Verschiedenheiten des Baues sämmtlich von einander abweichen, daß man genöthigt wäre, so viel verschiedene Functionen als Mägen anzunehmen.

Solche zusammengesetzte Mägen finden sich bei nicht wenigen Thieren. Schon unter den Affen und Fledermäusen, mehr bei den Nagern kommen Beispiele davon vor. Ausgezeichneter aber treten die Entwicklungen des Magens besonders bei Cetaceen (z. B. den Delphinen), bei den Faulthieren, bei Pachydermen und bei der großen Reihe der Wiederkäuer hervor. Die Magenbildung der letzteren ist uns nicht nur von besonderem Interesse, weil sie sich bei so vielen Thieren findet, welche so große Wichtigkeit für den Menschen haben, sie ist uns auch in functioneller Beziehung natürlich am besten bekannt und zeichnet sich in letzterer

Hinsicht vielleicht vor allen übrigen zusammengesetzten Mägen gerade durch den Umstand aus, welcher diesen Thieren den gemeinsamen Namen gibt: daß die ersten Mägen ihren Inhalt nicht in die folgenden unmittelbar hineintreiben, sondern daß derselbe erst noch wieder in das Maul gelangen muß, dort abermals durchgekaut aber alsbald in die Verdauungsabtheilung übergeht. Von diesem Umstande abgesehen, der wenigstens bei keinem andern Thiere mit Sicherheit behauptet werden kann, werden wir unsere Vorstellungen über die Function des zusammengesetzten Magens weniger gekannter Thiere noch am ehesten nach dem zu bilden haben, was wir über die Wiederkäuer wissen. Bei unseren hieländischen zahmen und wilden Wiederkäuern, Rindern, Schafen, Ziegen, Hirschen, Gemsen u. s. w. herrscht eine große Uebereinstimmung der Anlage. Es gilt von ihnen unbedingt, daß ihr

Fig. 73.

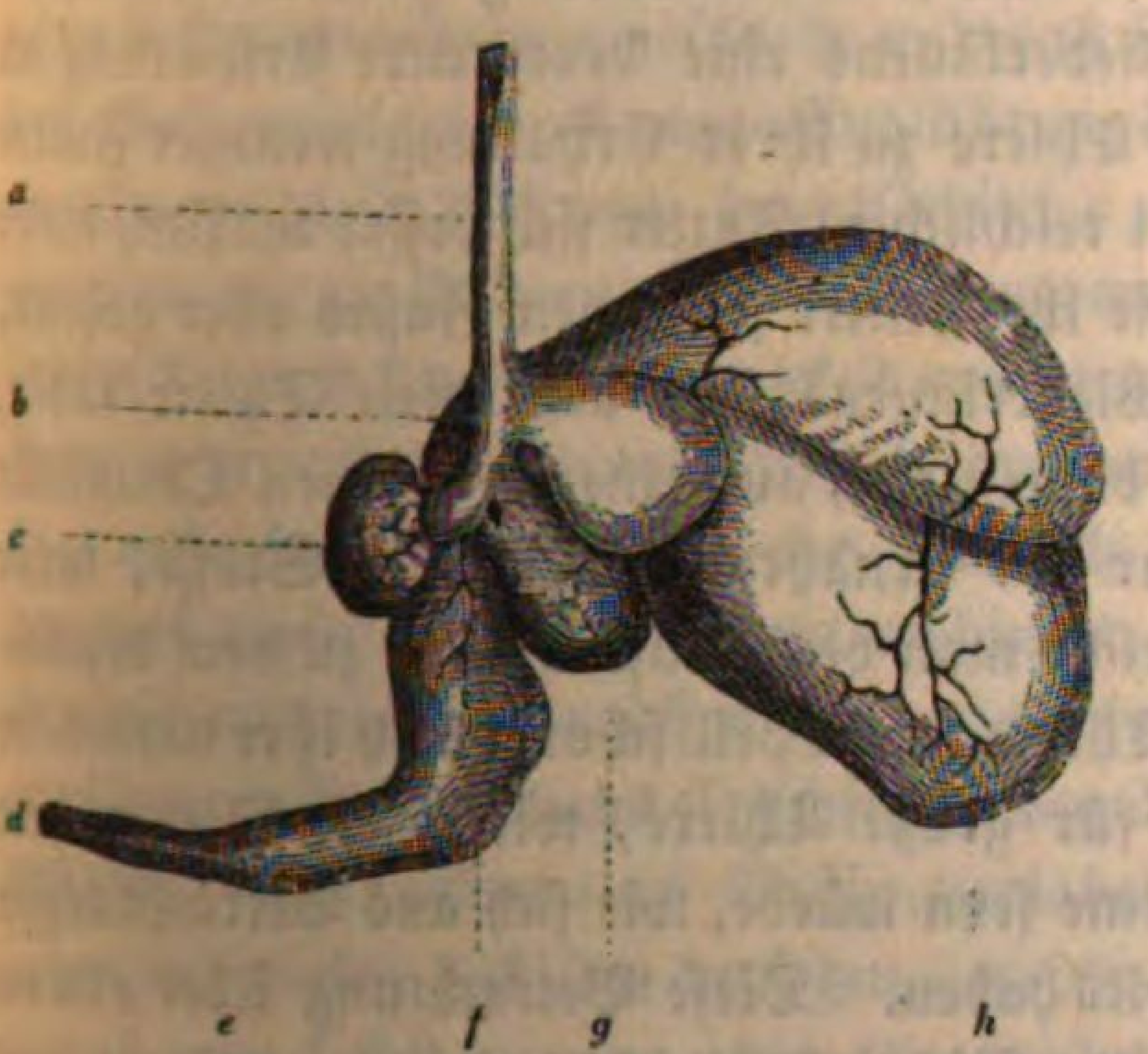
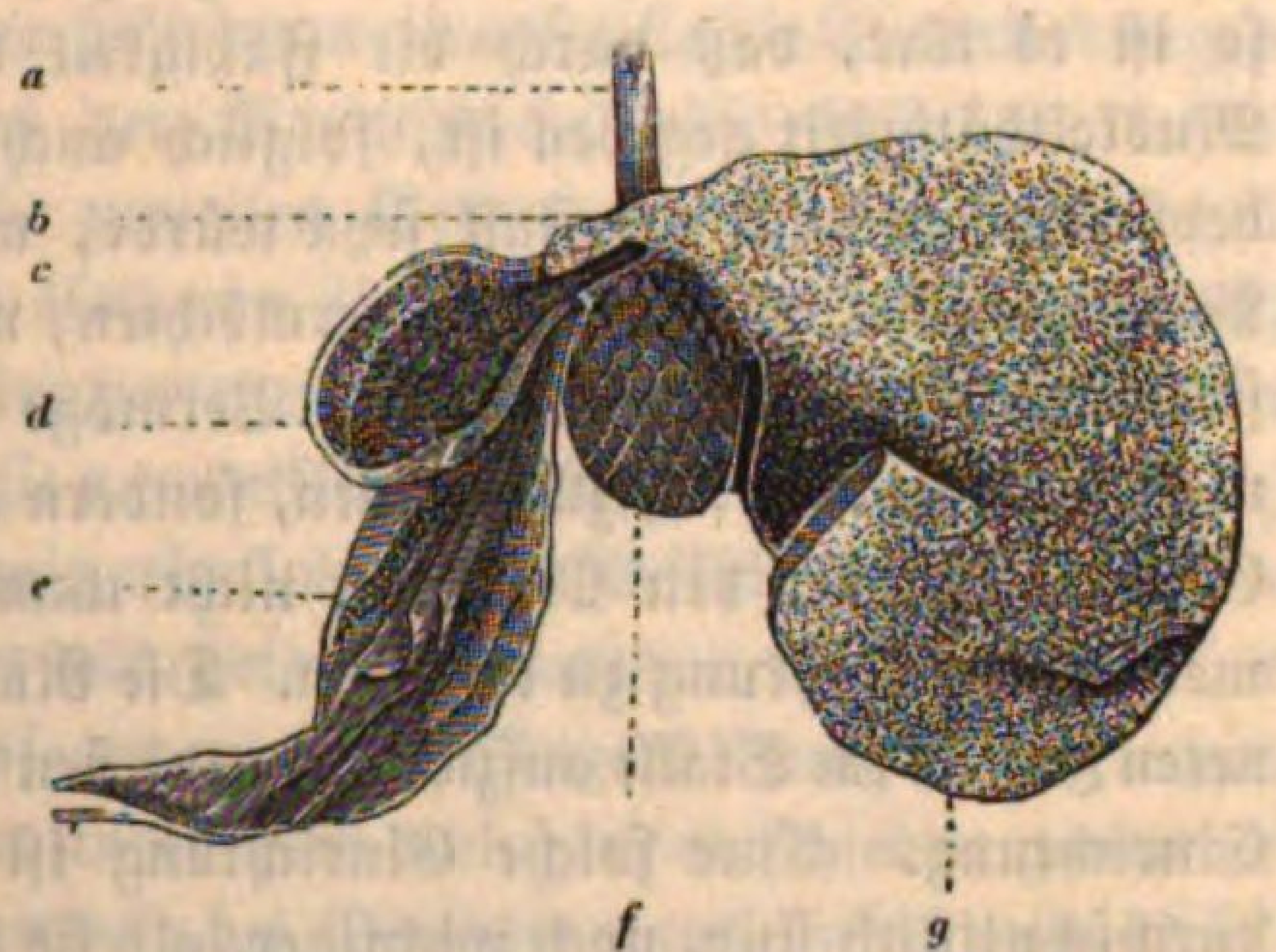


Fig. 74.



Mägen des Schafs.

a Speiseröhre. *b* Cardia. *c* Dritter oder Blättermagen. *d* Dünndarm. *e* Pylorus. *f* Vierter oder Laabmagen. *g* Zweiter oder Netzmagen. *h* Erster Magen oder Pansen.

a Speiseröhre. *b* Cardia. *c* Rinne. *d* Blättermagen. *e* Laabmagen. *f* Netzmagen. *g* Pansen.

Magen aus vier Abtheilungen besteht, welche nicht nur der Form nach von einander gesondert, sondern auch durch die Structur, die Beschaffenheit ihrer innern Oberfläche, unterschieden sind. Die ersten zwei Mägen, der gewaltige Pansen und der Netzmagen, scheinen nicht wesentlich verschieden an Function zu seyn. Beide besitzen ein derbes Epithelium. In dem zweiten, weit kleineren, verlaufen aber zahlreiche erhöhte Kanten auf der Innenfläche, so angeordnet, daß sie polygonale, etwas vertiefte Flächen umschließen. Diese netzförmig gelegten Kanten geben den Namen. Der erste hat conische Hervorragungen auf seiner Innenfläche. Beide Mägen dürfen wohl nur als Behälter angesehen werden, welche das Thier auf der Weide füllt, um dann mit mehr Ruhe später die nöthige feinere Käuung Statt finden und die zerkäute Masse alsdann in den dritten und den vierten, den eigentlichen Verdauungsmagen gelangen zu lassen.

Daß nun die Speise beim ersten Niederschlucken in die ersten, die wiedergekäute Speise aber in die folgenden Mägen gelangt, wird dadurch erreicht, daß die Speiseröhre bei ihrer Oeffnung in den ersten Magen nicht sogleich völlig aufhört, sondern an dessen Innenwand noch, in Form einer Rinne oder Halbröhre, bis zum dritten Magen läuft. So tritt nun beim ersten Niederschlucken der Speiseballen aus der offenen Seite der Rinne in den ersten und zweiten Magen. Indem aber in dem freien Rande der Rinne Muskelfasern liegen, durch welche dieselbe sich schließen kann, gleichsam wie die Lippen sich durch den musc. orbicularis schließen, so kann sich die Halbröhre auch in eine vollständige umwandeln und die weicheren Speisemassen geraden Weges in den dritten Magen führen. — Ohne die dazwischen tretende Käuung hätten wir also hier vielleicht nichts wesentlich von dem Magen einer Ratte ver-

schiedenes, welche in ihrem drüsenlosen Blindsacke einen Repräsentanten des Pansen und Netzmagens besäße. Wozu nun diese Eigenthümlichkeiten des Wiederkäuens? Ohne die Anmaßung, eine erschöpfende Beantwortung dieser Frage geben zu wollen, können wir doch einen wichtigen Nutzen dieser Einrichtung, durch welchen diese Thiere auch als Hausthiere einen besondern Werth haben, wohl geltend machen.

Gehen wir davon aus, daß diese Thiere dazu bestimmt sind, ihr Blut zu bilden aus Pflanzentheilen, welche von eigentlich Nahrhaftem nur einen geringen Antheil enthalten; daß eine sehr genaue Zerkleinerung dieser Vegetabilien aber ferner nöthig ist, um die Ausbeutung derselben im Darmrohre mit möglichst geringen Verlusten geschehen zu lassen; daß diese Zerkäuung eine bedeutende Zeit in Anspruch nimmt, so daß ein Thier, welches eine solche Verarbeitung während der Nahrungsaufnahme sogleich bewerkstelligen wollte, eine weit längere Zeit der Arbeit des ganzen Körpers auf seine Ernährung verwenden müßte: so ist es klar, daß durch die Fähigkeit des Wiederkäuens eine bedeutende Ersparung an Muskelthätigkeit gegeben ist, folglich auch diese Thiere zu ihrer Erhaltung weniger Futter bedürfen, als sonst der Fall seyn würde, und bei reichlichem Futter sich besser mästen, mehr Milch geben u. s. w., als sie vermöchten, wenn sie ihr Futter stehenden Fußes oder gehend, statt ruhend, zerkäuen müßten. Vermöge des Wiederkäuens sind also diese Thiere fähig, nicht bloß leichter sich zu erhalten, sondern auch, domesticirt, aus einer gegebenen Quantität Gras u. dgl. für den Menschen nicht unmittelbar zur Ernährung dienlicher Stoffe, mehr menschliche Nahrung zu erzeugen. Die Ruhe, welche man dem Mastschweine zu dem bezeichneten Zwecke im Stalle aufzwingt, genießen diese Thiere zum Theil schon durch ihre natürliche Einrichtung. Eine solche Einrichtung ist aber für große Thiere, wie es die Wiederkäuer durchschnittlich sind, noch wichtiger, als sie für kleine seyn würde, wie sich aus Betrachtungen ergibt, welche wir an einem andern Orte mitgetheilt haben. Diese Betrachtung über einen Nutzen des Wiederkauens würde aber natürlich ihre Richtigkeit nicht dadurch verlieren, daß man etwa nachwiese, daß auch einzelne kleinere Thiere Wiederkäuer wären, wie man es z. B. für einige Nager wenigstens aus dem Bau des Magens vermuthet hat. Doch muß ich gestehen, diese Vermuthung bis jetzt eben nicht theilen zu können. — Da die beiden ersten Mägen nur für die vegetabilische Kost eine Bedeutung haben, zur Aufbewahrung, auch wohl Aufweichung (Maceration), so ist es begreiflich, daß bei den neugeborenen Thieren dieselben, namentlich der Pansen, noch bei weitem nicht die relative Größe haben, als später. Auch soll die Milch ohne Weiteres in den dritten und vierten Magen übergehen. Der letztere ist zu dieser Zeit besonders relativ groß. Er ist der eigentliche Verdauungsmagen, überall mit weicher drüsenreicher Schleimhaut versehen, welche wohl noch in breiten Falten in die Höhle des Magens vorragt. Die Function des dritten Magens ist nicht genau zu bestimmen. Man hat gefunden, daß die Speisemasse in demselben besonders trocken sey und deßhalb angenommen, daß hier die Resorption besonders lebhaft wirke. Immerhin darf man behaupten, daß die Function dieses Magens wenig wesentlich sey, da er weniger constant als die übrigen vorkommt, bei den Moschus, Kameelen und Lamas gar nicht oder nur spurweise sich findet.

Bei dem Magen dieser Thiere finden sich auch noch andere auffallende Abweichungen von der obigen Beschreibung. Der Magen des Huanaco und der Magen des Dromedars, welche wir untersuchten (letztern an einem jungen Exemplare) zeigen dagegen, wie zu erwarten, unter sich manche Uebereinstimmung. Bei beiden ist der Pansen ohne die conischen Zäpfchen auf der Innenfläche. Bei beiden ist dagegen ein Theil der Wandung dieses Magens zu einer großen Anzahl von sackförmigen Ausstülpungen entwickelt. Diese stehen felderweise dicht neben einander in regelmäßigen Reihen. Während sie aber im Pansen nur einen kleinern Theil der Fläche des ganzen Organes einnehmen, ist die ganze innere Fläche des Netzmagens so ausgebildet. Daher derselbe denn auch hier, durch die netzförmig angeordneten Stränge, zwischen welchen die Aussackungen liegen, den Namen eines Netzmagens erhalten kann,

wiewohl diese Einrichtung ganz von der des Netzmagens der hiesigen Wiederkäuer verschieden ist. Auffallend schwach, ja wohl entschieden unvollständig muß man die Halbrinne beim Huanaco nennen. Während nun ein Blättermagen hier eigentlich nicht angegeben werden kann, tritt der Laabmagen in Form eines weiten Darmes, langgestreckt auf und stimmt auch darin bei beiden Thieren überein, daß er eine starke bauchige Krümmung bildet, ehe er sich zum Pylorus zusammenzieht.

Bei beiden Thieren findet sich aber auch noch jenseits des Pylorus eine magenartige Gestaltung, indem der Anfang des Dünndarmes besonders bei dem jungen Dromedar stark birnförmig (das dünnere Ende in den Darm sich fortsetzend) erweitert ist. Dergleichen Erweiterungen finden sich in geringeren Graden sehr gewöhnlich an dieser Stelle. Daß sie den Namen eines Magens nicht verdienen, geht schon aus den sehr in die Augen fallenden Merkmalen hervor, daß der Uebergang in den dünnern Theil des Darmes ganz allmälig, ohne bestimmte Gränze geschieht und daß sich innerhalb der weiten Stelle die Ausmündungen des Gallenganges und des Ausführungsganges der Bauchspeicheldrüse befinden. Wir erwähnen diese Bildung hauptsächlich, weil sie zuweilen Veranlassung zu Täuschungen gewesen ist, z. B. von manchen Anatomen bei Cetaceen für einen Magen mitgezählt ist, indem sie auch hier sehr entwickelt vorkommt. Eine genauere Beschreibung der manchfaltigen Formen der complicirteren Magenbildungen, wie sie namentlich bei Säugethieren vorkommen, liegt außerhalb unseres Zweckes, da sich zu wenig physiologische Aufklärung mit der Erkenntniß dieser Formen bis jetzt verbindet. Aber als besonders parador in physiologischer Hinsicht erscheinend, müssen wir noch die so zusammengesetzte Magenbildung der Cetaceen erwähnen. Bei durchaus fleischfressenden Thieren findet man drei ganz entschieden getrennte Mägen. Den ersten, an Größe variabel, sehen wir bei Delphinen ansehnlich entwickelt, innen mit dicken Wülsten versehen, welche mit einem sehr derben Epithelium bekleidet sind, so daß man selbst an eine nicht ganz unbedeutende mechanische Einwirkung dieses Magens auf die Nahrungsmittel denken könnte. Jedenfalls hat man wohl anzunehmen, daß dieser Magen mit harten und rauhen Theilen in Berührung kommt, welche in die folgende Abtheilung nicht eindringen dürfen. Man erinnert sich dabei auch des Zahnsystemes, welches bei diesen Thieren sehr wenig zu einer Zerkleinerung der Beute geeignet ist. Durch eine nicht allzu enge Oeffnung geht dieser Magen in einen zweiten über, welcher ähnlich mit dicken Wülsten versehen ist, denen aber eine harte Bekleidung fehlt. Dieser Magen geht dann durch eine verengerte Strecke, welche noch dieselbe innere Beschaffenheit *) zeigt, bis zu einer sehr engen Oeffnung, an welcher der dritte Magen beginnt, der sich darmförmig bis zu dem schon erwähnten birnförmigen Anfange des Darmes erstreckt, von welchem er aber durch seinen starken Ringmuskel geschieden ist. Aehnliches scheint sich ziemlich allgemein bei den Cetaceen zu finden.

Die wichtigste Function des Magens ist überall die auflösende Wirkung, welche er durch seinen eigenthümlichen Saft auf die stickstoffhaltigen Nahrungsmittel ausübt. In wie weit damit eine chemische Umänderung verbunden ist, läßt sich noch nicht mit Genauigkeit angeben. Die stickstofflosen Nahrungsmittel bedürfen theils einer besondern auflösenden Potenz nicht, wie die Zuckerarten und die Fette, theils werden sie wenigstens vom Magensafte nicht verändert, wie das Stärkemehl. — Das auflösende Mittel im Magensafte ist, so weit man es kennt, die Säure desselben, deren Wirkung aber durch das sogenannte Pepsin bedeutend erhöht, vielleicht auch eigenthümlich modificirt wird. Beiderlei Stoffe findet man in der Magenflüssigkeit. Der menschliche Magen enthält z. B. freie Milchsäure. Im Experimente läßt sich nun sowohl von der Milchsäure, als auch von anderen, z. B. Salzsäure, zeigen, daß sie in sehr beschränktem Maaße die Fähigkeit besitzen, Eiweiß und dgl. aufzulösen. Wird

*) Man hat auch zwischen dem zweiten und dritten Magen noch eine kleine Erweiterung wahrgenommen und als dritten Magen gezählt.

dagegen Pepsin hinzugesetzt, welches für sich allein gar nicht auflösend wirkt, so zeigt sich die Wirkung sehr erhöht. Ueber die Natur des Pepsins selbst ist außerdem nur sehr wenig bekannt. Es ist, wie es scheint, eine der organischen Verbindungen, welche, selbst in einer chemischen Umwandlung begriffen, auch auf andere Substanzen die chemische Bewegung übertragen. Mit diesen, z. B. der Hefe, dem Diastas, theilt sie denn auch ihre chemische Unergreifbarkeit. Durch Siedhitze und concentrirten Weingeist büßt es seine indirekte auflösende Fähigkeit ein.

So gering hiernach unsere Kenntniß dieses merkwürdigen Auflösungsprocesses ist, so muß man doch den großen Gewinn anerkennen, der allein schon darin liegt, daß die früheren Hypothesen über die Verdauung, seit der Gewinnung dieser Resultate, beseitigt sind. Von der längst als falsch erkannten Ansicht, daß der mechanische Zerkleinerungsproceß ein wesentlicher Theil (mehr als eine Vorarbeit) der Verdauung sey, ganz abgesehen, ist es jetzt auch nicht mehr möglich, sich mit so verkehrten, der Hauptsache nach nichtssagenden Worten, wie: der Verdauungsproceß sey eine Gährung, oder er sey eine Art von Kochung, zu täuschen. Die Verdauung mit einer Kochung zu vergleichen ist so offenbar unzulässig, daß man nur in Ermangelung jedes sonstigen Anhaltspunktes auf einen solchen Ausdruck verfallen konnte, mit welchem sich die Vorstellung irgend einer ernstlichen Analogie nicht verbinden läßt. Schon eher konnte man sich von der Vorstellung einer Art von Gährung täuschen lassen. Nimmt man aber dieses Wort nicht in einer gar nicht zu rechtfertigenden Schlaffheit des Begriffes, so läßt sich doch auch dieser Vergleich um so weniger festhalten, als eine Gährung von Proteïnstoffen, wenn man davon reden will, eine Art der Zersetzung bedeuten muß, welche entschieden im Magen nicht Statt findet. Im Gegentheil hat man eine fäulnißwidrige, den etwa eingetretenen fauligen Geruch aufhebende Wirkung des Magensaftes beobachtet. Auch scheint die chemische Umänderung der Proteïnstoffe im Magen, welche die Auflösung begleiten mag, nur sehr leicht und unbedeutend zu seyn, während die Vorgänge, welche man im engern Sinne Gährung nennt, sehr bestimmte, von den Substanzen, welche sich in Gährung befunden haben, chemisch verschiedene Produkte liefern.

Wir wissen nun, daß die eigenthümliche Speise eines Thieres, aus stickstoffhaltigen, stickstofffreien und anorganischen Substanzen gebildet, mit löslichen und unlöslichen Begleitern, mehr oder weniger zerkleinert, mehr oder weniger mit Speichel gemengt im verdauenden Magen anlangt. Hier beginnt dann die Einwirkung des Magensaftes ihr Spiel. Begreiflich wirkt derselbe um so leichter ein, je weniger die von ihm aufzulösenden Substanzen feste homogene Massen bilden und je weniger sie von anderen Substanzen umhüllt sind, über welche der Magensaft nichts vermag. Die erste Wirkung des Magensaftes gegen einige wichtige Nahrungsstoffe ist eine der definitiven Auflösung entgegengesetzte: Käsestoff, Eiweiß, wenn sie in flüssigem Zustande in den Magen gelangen, gerinnen daselbst zunächst. Bekanntlich benützt man ja auch sehr allgemein die Wirkung des Magensaftes auf den Käsestoff der Milch zur Gewinnung des Käses.

Wo wir größere Massen von Proteïnstoffen, z. B. Stückchen Eiweiß unter dem Einflusse der Verdauungsflüssigkeit beobachten, sehen wir dann, wie ganz allmälig von den freien Flächen aus ein Auflockerungs- und Auflösungsproceß dieselben ergreift. Von der Umänderung, welche diese wichtigsten Nahrungsstoffe bei ihrer Auflösung erleiden, wissen wir kaum mehr, als daß sie die Fähigkeit der Gerinnung verloren haben, welche sie vorher besaßen. Faserstoff gerinnt nicht mehr, Eiweißstoff hält die Siedhitze aus ohne Gerinnung.

Wo die Proteïnstoffe, wie in Pflanzentheilen, mehr in Zellen abgelagert sind, da muß meistens der Verdauungssaft die Wandungen derselben durchdringen, um im Innern derselben die Auflösung zu bewirken. Das Aufgelöste kann dann allmälig durch Endosmose die Zelle verlassen und sich frei verbreiten.

Während nun so, theils durch macerirende Wirkung der Flüssigkeit überhaupt, theils durch die besondere Wirkung des Magensaftes auf die stickstoffhaltigen Substanzen, der Magen-

inhalt mehr und mehr in einen formlosen angesäuerten Brei, den sog. Chymus zerfällt, ist der ganze Mageninhalt auch der bewegenden Wirkung des Magens ausgesetzt. Diese ist bei vielen Vögeln offenbar sehr bedeutend, es holt der Magen mit seinen derben Epithelschwielen die Käuung nach und reibt dabei die Speisen zugleich mit Speichel und Magensaft zusammen. Weit gewöhnlicher ist es aber der Fall, daß die Bewegungen des Magens sehr geringfügig, sowohl langsam als schwach, auftreten. Es scheint dabei sowohl eine langsame Umwälzung des Mageninhaltes, als ein von Zeit zu Zeit verstärktes Antreiben desselben gegen den Pylorus Statt zu finden, welcher den weichsten Theilen den Durchgang gestattet.

Im Darmkanale vom Magen bis zum After wird der Speisebrei theils mit den Absonderungen zweier großen und sehr zahlreicher kleinerer Drüsen vermengt und erleidet hiedurch gewisse Umänderungen, theils wird demselben durch die auffaugende Wirkung der Blut- und Chylusgefäße der aufgelöste Stoff entzogen, so daß die endliche Darmausleerung zum großen Theile aus unlöslichen Ingesten, Schleim und andern Secreten des Darmkanals besteht. Diese Strecke des Speiserohres, der Darm im engern Sinne, unterscheidet sich bei Wirbelthieren in der Regel deutlich in zwei Abtheilungen, Dünndarm und Dickdarm. Die ganze Länge beider Abtheilungen ist durchschnittlich bei den zwei höheren Wirbelthierklassen bedeutender, als bei den Reptilien und Fischen. Ebenso besteht im Allgemeinen eine Verschiedenheit zwischen Herbivoren und Carnivoren, so daß die Herbivoren einen verhältnißmäßig größern Darm besitzen. Die erste dieser beiden Differenzen wird sich zum Theil daraus erklären, daß die höheren Wirbelthiere durch ihre Natur darauf angewiesen sind, eine bedeutende Wärmemenge zu produciren, was nur bei einem reichlichen Stoffumsatze geschehen kann.

Außerdem finden sich aber auch in den höheren Klassen im Ganzen mehr Herbivoren als die niederen Klassen deren enthalten, so daß die Wirkung beider Momente sich in sehr vielen Fällen summirt. Denn daß die Pflanzennahrung eine ausgedehntere auffaugende Fläche erfordert, damit ein gegebenes Maß von Nahrung in den Körper gelange, ist leicht begreiflich aus dem Umstande, daß die vegetabilischen Nahrungsmittel weit mehr unlösliche Stoffe zu enthalten pflegen, als die animalischen.

Es ist nicht zu bezweifeln, daß eine fortschreitende Kenntniß der Lebensweise, Nahrungsart, des Wärmebedürfnisses u. s. w. allmälig sich immer inniger an die anatomischen Verhältnisse des Darmkanales wird anschließen lassen. Man wird es z. B. schon nach Berücksichtigung des Wärmebedürfnisses nicht so auffallend finden können, wenn auch gewisse Fleischfresser, wie die Seehunde, einen verhältnißmäßig langen Darm besitzen. Denn diese Thiere sind meist sehr starken Wärmeverlusten ausgesetzt und daher nothwendig bedeutende Fresser. Man wird dann überall bei diesen Betrachtungen auf das Klima und sonstige die Wärmeableitung bedingende Momente gleichzeitig zu achten haben. Ebenso wird aber auch mehr und mehr eine rationelle Methode sich ausbilden müssen für die Bestimmung, ob der Darm eines Thieres verhältnißmäßig groß ist, oder nicht. Man hat schon neben den Bestimmungen über die Länge des Darmes auch die durchschnittliche Weite seiner Theile ermittelt, so daß sich daraus die Größe der auffaugenden Fläche einigermaßen bestimmen läßt. Einigermaßen sagen wir, denn allerdings gibt es, wie wir weiterhin sehen werden, noch manche Vorrichtungen zur Vergrößerung der auffaugenden Fläche, welche bei verschiedenen Thieren sehr verschieden entwickelt, doch bei diesen Messungen nicht so leicht zu berücksichtigen sind.

Besonders dürftig ist es aber, daß man die Messungen des Darmkanales mit der einfachen Längendimension der Thiere zu vergleichen pflegt, welche man für Säugethiere, um geschwänzte und schwanzlose Thiere leichter vergleichen zu können, als die Strecke von der Spitze der Schnauze bis zum After bestimmt. Da die Schlankheit der Thiere sehr verschieden und der Schwanz manchmal auch sehr muskulös ist, einen bedeutenden Theil des Körpers bildet, so ist es klar, daß eine solche Messungsweise noch sehr weit davon entfernt ist, ein eigentlich wissenschaftlich brauchbares Resultat zu geben, und daß man nach dieser Weise die Säugethiere auch nicht genau mit anderen Thieren vergleichen kann, deren Schwanz (so weit die

Wirbelsäule reicht) durchaus nicht aus der Messung gelassen werden kann. Wir wollen wissen, in welchem Verhältnisse die aufnehmende Fläche zu der zu ernährenden Masse steht, darüber sagt aber eine Dimension eines Thieres noch wenig. Weit besser würde es schon seyn, wenn man die ermittelten Dimensionen der Darmfläche mit dem Volumen (Gewichte) des Thieres vergliche. Es ist anzunehmen, daß sich aus einer solchen Vergleichung die erwähnten physiologischen Beziehungen deutlicher ergeben würden. Sollte sich dieß aber nicht zeigen, so würde man um so mehr berechtigt seyn, noch auf andere Verhältnisse zu achten, welche die Ausdehnung der Darmfläche mitbedingen könnten.

So lange man die Länge, oder auch immerhin die Fläche des Darmes mit einer einzelnen Dimension statt mit dem Volum des Thieres vergleicht, wird man scheinbare Unterschiede für wesentliche ansehen, wesentliche übersehen können.

Man wird bei dieser nothwendigen Reform des Verfahrens u. a. sogleich darauf aufmerksam, daß der Darm kleinerer Thiere im Ganzen einfacher seyn kann, weniger gewunden zu seyn braucht, als bei größeren — ein Verhältniß, das auch bei anderen Organen des thierischen Leibes in ähnlicher Weise wiederkehrt (man sehe hierüber die Schlußbemerkung des Abschnittes über die Athmung). Ueberall, wo es auf die Proportion eines flächenhaft wirkenden Organes zu dem Volumen des Thieres ankommt, (äußere Haut, Darm, Drüsen, Athmungsorgane) kann die Bildung des Organes um so einfacher seyn, je kleiner das Thier ist.

In Bezug auf die bisherige Vergleichungsweise der Dimensionen der Gedärme darf immerhin schon erinnert werden, daß man unter den Pflanzenfressern jedenfalls die sehr verschiedene Nahrhaftigkeit der Pflanzentheile zu beachten hat, von welchen sie sich nähren. Die Samen, von welchen so viele Vögel leben, enthalten in der Regel viel Nahrung, und fordern deßhalb unter übrigens gleichen Umständen eine geringere Darmfläche. Unter den Vögeln sind wenige eigentliche Krautfresser (wohl kein auf diese Nahrung beschränkter), und so auch selten lange Därme. Aber erst, wenn man statt der Länge das Gewicht zur Basis der Vergleichung wählt, wird man mit einiger Sicherheit sagen können, ob die scheinbare relative Kürze des Darmes der Vögel nicht wesentlich durch ihren schlanken Hals mitbedingt wird.

Sollte es sich nach dem verbesserten Verfahren finden, daß immer noch, auch bei möglichst gleicher Art der Nahrung, die Darmfläche der Vögel im Verhältnisse zum Körper derselben kleiner ist, als bei Säugethieren, so liegt es sehr nahe, eine teleologische Deutung dieses Verhältnisses in folgendem Umstande zu finden: der Werth der verschiedenen Gegenden des Darmes für die Auffaugung ist natürlich äußerst verschieden; im obern Ende desselben ist der Speisebrei reich an aufgelöstem Material, während er im Fortschreiten stets ärmer daran wird, so daß die erste Hälfte des Darmes viel mehr aufzusaugen findet als die zweite. Denken wir uns den Darm eines Thieres um irgend eine Strecke verkürzt, so nimmt also die Menge von Nahrungssaft, welche sein Darm auffaugt, bei weitem nicht in dem Maaße ab, in welchem der Darm verkürzt wird. Deßhalb kann auch ein solcher Nachtheil durch andere Umstände um so eher ausgeglichen werden. Für die Vögel ist es nun, bei ihrer Beweglichkeit, leicht, ihre Nahrung zu finden, sie können viel fressen und thun es, während es ihnen gleichzeitig ein großer Vortheil für eben diese Beweglichkeit ist, eine bedeutende Darmstrecke und deren Inhalt weniger zu tragen zu haben. Diese Auffassung empfiehlt sich um so mehr, als gerade der Dickdarm bei den Vögeln so äußerst kurz ist und nur bei den zum Flug untauglichen Arten eine ansehnliche Länge besitzt. (Vgl. Müller's Arch. 1850. S. 376. 377.)

Vergessen dürfen wir überhaupt bei allen diesen Vergleichungen nicht, daß nicht Alles auf der bloßen Ausdehnung der Darmfläche beruht. Die bei verschiedenen Thieren verschiedene Lebhaftigkeit der Bewegung des Darmes kann nicht ohne Einfluß seyn. Die Beschaffenheit der Häute, welche die Nahrung zu durchdringen hat, mag verschiedene Bedingungen

darbieten und die Temperatur ist ohne Zweifel ein wichtiger Umstand für die größere oder geringere Leichtigkeit der Resorption.

Die schon oben erwähnte Unterabtheilung des Darmes in Dünndarm und Dickdarm zeigt sich bei den höheren Wirbelthieren regelmäßiger kenntlich, als bei den niederen. Wo sie zu erkennen ist, besteht das Merkmal der Trennung bald in einer klappenartigen Bildung im Innern, bald in einem Kreismuskel, bald in einer Veränderung der Weite, daneben Veränderung des Baues, namentlich der Schleimhaut, aber auch der Muskelschichte. Sehr gewöhnlich finden sich mehrere dieser Merkmale zusammen und bei den meisten Säugethieren, Vögeln und manchen Reptilien findet sich an dieser Stelle noch der sog. Blinddarm, eine Ausstülpung des Anfanges des Dickdarms, welche namentlich bei einigen Säugethieren eine große Mächtigkeit erlangt. Bei Vögeln ist er meist doppelt vorhanden. Den Fischen fehlt er fast stets, und wo er vorkommt, ist er nur angedeutet.

Die relative Länge beider Darmtheile bietet ebenfalls die größten Verschiedenheiten dar. Indessen ist in der Regel die Länge des Dünndarms überwiegend und oft in sehr hohem Maaße; so namentlich bei weitem bei den meisten Vögeln. Der Dickdarm ist nur bei wenigen Thieren, z. B. einigen Schildkröten und Säugethieren (namentlich dem Dügong) der längere Theil.

Der Dünndarm ist die Abtheilung, aus welcher besonders die Aufsaugung geschieht und in welcher auch noch wesentliche Einwirkungen auf den Chymus sich begeben. Die wichtigsten Einwirkungen, welche den in den Dünndarm getretenen Chymus während seines Fortrückens durch den Dünndarm treffen, rühren von der Beimengung verschiedener Säfte her. Der Dünndarm ist mit einigen sehr großen und sehr zahlreichen kleinen Absonderungsorganen versehen, welche ihre Flüssigkeiten in seine Höhle ergießen.

Nahe dem Magen befinden sich die beiden großen Drüsen: die Leber und die Bauchspeicheldrüse, erstere das mächtigste Absonderungsorgan des Körpers.

Die Leber bildet bei allen Wirbelthieren mit Ausnahme von Branchiostoma, eine neben den Gedärmen in der Bauchhöhle liegende gelbbraune bis dunkelbraune Drüse. Bei dem Branchiostoma scheint die Function der Leber, die Bereitung der Galle, von den Wandungen eines Theiles des Darmes selbst vollzogen zu werden. Bei allen übrigen Wirbelthieren dagegen gelangt die in der Leber gebildete Galle durch einen oder mehrere Kanäle in den Dünndarm. Die Leber selbst ist von sehr verschiedener (relativer) Größe, bald mehr in eine Masse vereinigt, bald mehr aus größern oder kleinern Lappen zusammengesetzt und dabei in ihrer Totalform sehr verschieden, besonders nach den Bedingungen, welche die vorhandenen Räumlichkeiten ihr bieten. In den meisten Fällen ist sie mit einem blasenförmigen Behälter, der Gallenblase, versehen, welche bald frei liegt, bald mehr, ja selbst vollständig, in das Organ versenkt ist. Die Ausführungsgänge der Leber sind so mit dieser Blase verbunden, daß die gebildete Galle nach Umständen (wenn der Ausfluß nach dem Darme befördert ist) direkt in den Dünndarm fließen, sonst aber auch ganz oder theilweise in die Gallenblase gehen kann. Beim Menschen z. B. geht alle Galle von der Leber durch einen Kanal, welcher bis zu einer bestimmten Stelle ductus hepaticus, von da bis zur Einmündung in den Darm ductus choledochus genannt wird. Die Gränze zwischen beiden Abtheilungen wird bezeichnet durch den Eintritt des ductus cysticus, welcher so unter einem spitzen Winkel mit dem duct. hepat. zusammentritt, daß der duct. choledoch. als die gemeinsame Fortsetzung beider erscheint.

Da die Gallenblase nur die eine Oeffnung durch den duct. cystic. besitzt, so ist es klar, daß die Galle in diesem Kanale bald rück- bald vorwärts fließen muß. *)

Ihrem feinen Bau nach gehört die Leber zu den am schwierigsten zu erforschenden Drüsen.

---

*) Herr Pouchet hat hieran nicht gedacht, indem er unter anderen Scheingründen gegen die Möglichkeit, daß Spermatozoen zu den Eierstöcken gelangen könnten, auch anführt: es gäbe keinen Kanal, welcher seinen Inhalt bald in der einen, bald in der andern Richtung fortbewege.

Ihre feinsten Kanäle sind jedenfalls sehr zart und gebrechlich, so daß manche allgemeinere Ansichten über den Drüsenbau hier noch am wenigsten haben durchgeführt werden können. Die Galle, das Produkt dieses Organes, sind wir berechtigt, für ein sehr wichtiges zu erklären, schon wegen seiner Masse und Zusammensetzung, so weit uns diese bekannt ist. Ueber die eigentliche Function der Galle aber man‌gelt uns bis jetzt der wahre Schlüssel. In Ermangelung einer sichern Erkenntniß von der Wirkung, welche die Galle im Körper hervorbringt, sind Manche geneigt gewesen, sie wesentlich für ein Ausleerungsprodukt zu erklären. In der That finden sich auch Gallenbestandtheile in den Fäces. Auch ließ sich mit gewissen pathologischen Erfahrungen die Ansicht nicht leicht vereinigen, daß die Galle sehr nöthig sey, den vom Magen bereiteten Chymus noch auf irgend eine andere Art wesentlich zu verändern, so daß er erst dadurch zum Uebergange in den Körper geschickt werde. Denn die Galle kann vom Uebergange in den Darm abgehalten seyn, und es wird dennoch Speisesaft bereitet und aufgesaugt. In solchen Fällen ist der Koth weißlich durch den Mangel der Gallenbestandtheile. Der berühmte Berzelius erzählt, daß er selbst einst zwölf Tage an einer solchen Gallenverhaltung litt, dabei den gewöhnlichen Appetit behielt und durchaus keine Abnahme der Kräfte spürte, was hinreichend die fortdauernde Ernährung beweist. Es ließe sich mit solchen Erfahrungen wohl die Ansicht vereinigen, daß die Galle für gewisse Bestandtheile der Nahrung zur Assimilation wirke, für Bestandtheile, ohne welche man eine Zeit lang oder vielleicht stets leben kann, insofern sie durch andere vertreten werden können. Man hat es wahrscheinlich gefunden, daß die Galle eine besondere Wirkung auf die Fette ausübe, durch welche deren Auffsaugung erleichtert würde. Doch scheint sich das nicht zu bestätigen. Man hat ferner beobachtet, daß die Galle den Käsestoff auflöse. Das ist dann jedenfalls ein interessantes Factum für die Natur der Galle, klärt uns aber wohl nicht über ihre Function auf, denn der Käsestoff scheint schon im Magen aufgelöst zu werden, so daß die Galle im Zusammenhange der körperlichen Functionen keine Veranlassung zu dieser Verrichtung finden würde. Gegen die Annahme, daß die Galle bloß zur Ausleerung aus dem Körper bestimmt sey, wie der Harn, hat man aber mit Recht schon immer darauf hingewiesen, daß doch die Galle so hoch oben in den Darmkanal ergossen, und mit dem Speisebrei vermengt wird, wo er noch alle seine nahrhaften Bestandtheile enthält. Es ist nicht wahrscheinlich, daß diese Vermengung keinen oder einen sehr untergeordneten Zweck habe, wie es z. B. der seyn würde, daß die Galle die Bewegungen der Därme lebhafter mache. Neuere Versuche haben sehr wahrscheinlich gemacht, daß ein großer Antheil der Gallenbestandtheile durch Resorption wieder in das Blut gelangt und zum Besten des Körpers verwandt wird. Man bewirkte durch eine Operation, daß die Galle, statt in den Darm, durch eine Oeffnung nach Außen abfloß. Bei den ersten Versuchen starben die Hunde abgezehrt. Später fand man, daß sie durch eine bedeutende Vermehrung der Nahrungsmittel erhalten werden konnten.

Auch das Vorhandenseyn einer Gallenblase bei so vielen Thieren weist darauf hin, daß die Vermengung der Galle mit den Speisen einen besondern Zweck habe. Denn man kann nicht zweifeln, daß diese dazu dient, um die Galle zurückzuhalten, so lange keine Speisen im Darme sind. Es stimmt damit namentlich auch überein, daß die fleischfressenden Thiere fast durchweg eine Gallenblase besitzen, während unter den Pflanzenfressern manche dieselbe entbehren. Bei den Pflanzenfressern nämlich ist fast stets die Verdauung im Gange, eine Aufspeicherung der Galle also nicht nöthig. Nur das kann widersprechend erscheinen, daß die fleischfressenden Cetaceen keine Gallenblase haben. Doch könnte sich auch dieß noch aus ihrer Lebensweise vielleicht erklären. Die Vermuthungen, welche man bis jetzt über die Rolle der Galle im Körper hat aufstellen können, sind jedenfalls zu wenig zu begründen, als daß wir eine oder die andere empfehlen dürfen. So viel scheint freilich aus dem Obigen hervorzugehen, daß ein Theil der Galle, welcher nicht im Darme in unlösliche Verbindungen übergeht, von den Gefäßen wieder aufgenommen und in den Körper zurückgeführt wird. Es ist auch, bei der eigenthümlichen Stellung der Leber zum Gefäßsysteme (siehe den Abschnitt

über die Circulation), wohl zu bemerken, daß Substanzen, welche aus der Leber in den Darm gelangen, und aus diesem wieder durch Blutgefäße aufgenommen werden, zunächst wieder den feinsten Gefäßen der Leber zukommen. Es wäre also denkbar, daß gewisse Substanzen längere Zeit wiederholt diesen Kreislauf zwischen Leber, Darm, Blutgefäßen und Leber zurücklegten, ja selbst für immer darin verblieben.

Nur als Berichtigung der manchfach wiederholten Behauptung, daß die Galle den sauren Chymus neutralisire, sei es bemerkt, daß diese Neutralisation, wie man längst weiß, noch weit jenseits der Einmündungsstelle des Gallenganges in den Darm unvollständig seyn kann, und daß man die Reaction der Galle, wenn sie nicht ganz neutral ist, doch nur sehr schwach alkalisch findet, so daß ein Tropfen Essig eine große Menge Galle ansäuert. Die Neutralisirung des in den Darm entleerten Chymus geschieht allmälig durch das mehr und mehr sich beimengende alkalische Secret der Darmwandungen. Zuvor aber wird dem Speisebrei neben der Galle auch der Bauchspeichel, das Produkt des Pankreas oder der Bauchspeicheldrüse beigemengt. Diese bedeutende Drüse findet sich in den drei höheren Wirbelthierklassen ohne Ausnahme und ihr Ausführungsgang mündet in den Darm nahe dem Gallengange. Unter den Fischen finden sich sehr häufig am Anfange des Darmes eine Mehrzahl von Anhängseln in der Form dünner Blinddärmchen. Man nennt sie Appendices pyloricae. Dieselben bieten mancherlei Modificationen an Zahl, Gestalt, Verbindung dar und haben manchmal in ihrer Totalität viel Aehnlichkeit mit einer Drüse, wie deren namentlich bei Insekten vorkommen; es treten mehrere Blinddärmchen zu einem Ausführungsgange zusammen, welcher dann in den Darm mündet, so daß sie als dessen Aeste erscheinen, sind auch wohl selbst wieder verästelt u. s. w. Dieser Apparat findet sich bald bedeutend, bald weniger entwickelt, fehlt aber auch manchen ganz. Bis in die neueste Zeit war man berechtigt, in diesem Organe einen Repräsentanten des Pankreas zu sehen, da das Vorkommen eines Pankreas in gewöhnlicher Form, neben diesem, nur sehr vereinzelte Beobachtungen für sich hatte. Neuerdings freilich mehren sich diese; es scheint sicher, daß die Fische nicht selten ein ächtes Pankreas besitzen, sowohl neben entwickelten Appendices pyloricae, als auch wo diese weniger ausgebildet sind oder fehlen. Der pankreatische Saft scheint überall von geringer Consistenz zu seyn. Insofern er von einer eigenthümlichen Wirkung bei der Verdauung ist, läßt sich bis jetzt nicht sagen, welche von den spärlich in ihm neben Salzen enthaltenen organischen Stoffen diese Wirkung hervorbringen mögen. Man ist bis in die neueste Zeit ganz ohne Kenntniß irgend welcher von dem Bauchspeichel zu erwartenden Verdauungswirkungen gewesen. So ist es immer ein sehr erwünschter Fortschritt, daß man jetzt bei Versuchen mit dem Bauchspeichel einiger Vögel und Säugethiere eine bedeutende auflösende Wirkung dieses Saftes auf Stärkemehl gefunden hat. Der Bauchspeichel ist im Stande, wie der Mundspeichel, das Stärkemehl in Stärkezucker zu verwandeln. Daß man diesen Zucker statt der Stärke im Dünndarm antreffe, hatten schon frühere Untersuchungen gelehrt, ohne daß man ein Agens gekannt hätte, welches diese Verwandlung bewirken konnte. Es scheint, daß der Stärkezucker direkt vom Blute aufgenommen wird.

Indessen ist mit dieser Erkenntniß offenbar die Function der Bauchspeicheldrüse noch nicht vollständig erklärt. Man mag es begreiflich finden, daß in den Pflanzentheilen, welche der Verdauung so schwer zugänglich sind, manches Stärkemehltheilchen der Wirkung des Mundspeichels entgangen ist, und nun, nach weiterer Maceration und nach Extraction stickstoffhaltiger Nahrungsmittel der Wirkung des Bauchspeichels ausgesetzt ist. Es entspricht dieß der Erfahrung, daß man selbst weithin im Dünndarme noch unveränderte Stärke hat nachweisen können. *) Aber eine solche Betrachtung und überhaupt die Wirkung dieses Saftes auf Stärkemehl, erklärt uns durchaus nicht, weßhalb dieselbe Drüse bei so unzählig vielen Fleischfressern sich findet. Unter solchen Umständen ist es bei der sehr wässe-

*) Sehr merkwürdig ist es, daß der Biber, in dessen Magen man viel Holz antrifft, so sehr entwickelte Speichel- und Bauchspeicheldrüsen besitzt.

rigen Beschaffenheit und der Nähe der Ausführungsgänge der Leber und des Pankreas nicht unwahrscheinlich, daß, wie schon Haller meinte, eine sehr wesentliche Beziehung des Bauchspeichels in der Verdünnung der Galle (vielleicht überhaupt des Darminhaltes) zu suchen sey. Ein Saft wie der Bauchspeichel mag von dem Körper in beliebig gesteigerter Menge geliefert werden, wenn ein Reiz auf seinen Ausführungsgang wirkt, gerade wie das mit den Mundspeicheldrüsen, der Thränendrüse und ähnlichen der Fall ist. Der Bauchspeichel besitzt einen sehr geringen Gehalt an aufgelösten Stoffen und diese sind der Art, daß sie ziemlich in allen Säften des Körpers vorkommen, oder sich sehr leicht in vermehrter Menge bilden können. Selbst die Substanz, welche die erwähnte Wirkung auf das Stärkemehl ausübt, mag sie seyn welche sie wolle, kommt wahrscheinlich verbreitet im Körper vor. Man hat z. B. gefunden, daß ein wässeriger Auszug aus Nierensubstanz eine ähnliche Wirkung hervorruft. Mit der Galle ist das offenbar anders. Das deutet schon die sehr gewöhnlich vorhandene Gallenblase an. Die Bildung der Galle geht wahrscheinlich aus dem Zusammenhange des chemischen Processes im Körper in solcher Weise hervor, daß es nicht bloß auf die etwa erhöhte Thätigkeit der Drüse ankommt, die Production dieser Flüssigkeit beliebig zu vermehren. Die Function der Leber steht in dieser Beziehung ähnlich der Nierenthätigkeit da. Die Gallenblase, als Behälter, bewirkt aber die Möglichkeit, demungeachtet die Ergießung der Galle in den Darm nach den Bedürfnissen dieses letztern Organes, wie sie durch den Inhalt hervorgerufen werden, zu regeln. Damit ist aber eine ungleichmäßige Concentration der Galle nothwendig verbunden. Je länger eine Portion Galle in der Gallenblase zugebracht hat, um so dichter wird sie durch Resorption des Wassers. Fängt daher die Gallenblase unter dem Einflusse eines verstärkten Reizes im Darme an, ihren Inhalt dahin zu entleeren, so fallen die erstergossenen Portionen nothwendig concentrirter aus, als die späteren, denen mehr und mehr die unmittelbar aus der Leber kommende Galle sich beimengt. Die concentrirtere Galle kann dann wieder als Reiz die Thätigkeit des Pankreas erhöhen und dadurch verdünnt werden. Der pankreatische Saft würde in dieser Beziehung ziemlich wie reines Wasser wirken. — Somit wäre eine Function dieses Saftes gefunden, welche entweder neben der chemischen Wirkung, oder auch ohne diese in Wirkung treten kann, ebenso wie der Mundspeichel, die Nahrung mag Stärke enthalten oder nicht, immer auch zur Erleichterung des Niederschluckens wirkt.

Die wichtigsten Besonderheiten, welche der übrige Dünndarm darbietet, bestehen einerseits in seinen verschiedenen Drüsenbildungen, andrerseits in den Formen seiner innern Fläche. Es zeigt sich nämlich sehr vielfach und durch verschiedene Mittel hervorgebracht eine Vermehrung der Innenfläche des Darmes, welche von dem äußern Umfange desselben unabhängig ist, indem sie, ganz allgemein ausgedrückt, auf Hervorragungen der Schleimhaut in die Höhle des Darmes beruht.

Unter diesen Hervorragungen muß man aber zwei verschiedene Formen unterscheiden, solche nämlich, denen der Charakter von Falten oder Duplicaturen der ganzen Schleimhaut zukommt und solche, welche nur als Auswüchse der Schleimhaut erscheinen.

Im erstern Falle sind diese Hervorragungen oft bedeutend und man erhält, wenn man die äußere seröse und Muskelschicht eines solchen Darmes durchschneidet oder abpräparirt, so daß die Schleimhaut sich entfalten kann, ein Schleimhautrohr von größeren Dimensionen, als vorher das ganze Darmrohr war. Sind es Längsfalten, so fällt das Schleimhautrohr dicker, sind es Querfalten, so fällt es nach der Entfaltung länger aus als vorher.

Indessen sind die Formen dieser Falten sehr verschieden. Außer einfachen Längs- oder Querfalten findet man schräg gestellte, netzförmig verbundene, spiralige u. s. w. Innerhalb der netzförmig verbundenen kommen auch, namentlich bei einigen Cetaceen, wieder kleinere Faltennetze vor u. s. w. Diese Schleimhautfalten zeigen sich auch häufig im Dick- und Blinddarm. So haben die dicken Gedärme des Menschen und mancher anderen Säugethiere in einem Theile (dem Grimmdarme, colon, d. i. Dickdarm mit Ausschluß des letzten,

zum After führenden Theiles, des Mastdarms, intestinum rectum) querlaufende Falten, mit tiefen Ausbuchtungen dazwischen. In anderen treten zwar innerlich Falten hervor, jedoch ohne daß äußerliche Unebenheiten dieses andeuteten. So sieht man z. B. im Dickdarme der Ratten zwei Reihen schräg gestellter Falten gebildet. Betrachtet man dagegen den mächtigen Blinddarm des Hasen oder Kaninchens von Außen, so erkennt man sogleich eine spiralig laufende eingezogene Linie, welche der Insertion einer spiraligen Schleimhautklappe entspricht. Eine besonders entwickelte Spiralklappe findet sich im Darme mancher Fische, namentlich vieler Knorpelfische. In einigen Fällen hat diese hier die ganz besondere Gestalt, daß sie eine, in einer Längslinie im Darme befestigte, spiralig eingerollte Falte darstellt. Außer diesen so manchfaltig gestalteten Schleimhautfalten begegnet man, und zwar ganz vorzugsweise im Dünndarme, kleinen Erhöhungen der Schleimhaut, welche bei den Säugethieren sehr gewöhnlich als feine Zotten (villi intestinales) erscheinen, sonst auch sehr häufig als erhöhte Linien, und dann oft zickzackförmig verlaufend, sich darstellen. Eine jede Zotte zeigt sich als eine kleine, beiläufig conische, Hervorragung der eigentlichen Schleimhaut, bekleidet mit einem Epithelium, welches also wie ein Handschuhfinger die Zotte umgibt. Im Innern jeder Zotte befindet sich ein Netzchen feiner Blutgefäße und Anfänge von Chylusgefäßen. Ist die Resorption im Darme in voller Thätigkeit, so sieht man die Zotten oft so angeschwollen, daß sie sich einander fast drängen, und wenig Raum zwischen ihnen bleibt. Daher wird auch wohl die Auffaugung an ihrer stets frei liegenden Spitze am lebhaftesten seyn. Man bemerkt auch gerade hier bei mikroskopischer Betrachtung der Zellen des Epitheliums einen besonders dunkeln Inhalt derselben, wahrscheinlich von aufgesaugtem Darminhalte herührend, während das Epithelium der Seitenflächen einer Zotte mehr helle Zellen zeigt. Indessen muß doch, wenn sich die Zotten auch aneinanderlegen, immer ein System von capillaren Spalten sich zwischen ihnen befinden, in welche der aufgelöste Darminhalt eindringt. Mehr ausnahmsweise finden sich Zotten oder analoge Gebilde auch im Anfange des Dickdarms und in den Blinddärmen.

Zahlreiche D r ü s e n von verschiedener Gestalt finden sich in den verschiedenen Abtheilungen des Darmkanals. Bald stehen sie mehr einzeln, bald in Haufen, oft von langgestreckter Form, zusammengedrängt. Neben zahlreichen Drüsen von der gewöhnlichern Art, welche einen bestimmten, bleibenden Ausführungsgang haben, kommen in den verschiedensten Gegenden des Darmes auch geschlossene kleine Kapseln vor, welche ihren Inhalt nur entleeren können durch eine zeitweise eintretende Dehiscenz.

Eine genauere Angabe über den Bau dieser Drüsen und die Verschiedenheiten ihres Vorkommens bei den Thieren unterlassen wir hier um so mehr, als man über ihre Function sehr wenig weiß. Wir kennen nur das Gesammtresultat der Thätigkeit vieler Drüsen und der Darmschleimhaut, zumal in der Bildung einer alkalischen, schleimigen Flüssigkeit, des Darmsaftes, succus entericus. Das Epithelium des Darmkanales ist, wie die Epidermis der äußern Haut, in einer steten Abschuppung, Abstoßung von Zellen, begriffen, an deren Platz neugebildete treten. Die abgestoßenen Epithelzellen bilden einen bedeutenden Theil des vom Darme selbst gebildeten Darminhalts. Sie werden aber von der alkalischen Beschaffenheit des Darmsaftes angegriffen, theilweise gelöst und bilden so den Schleim. Daß Epithelzellen auf diese Weise auch gänzlich gelöst werden können, scheint daraus hervorzugehen, daß auch in ganz geschlossenen Höhlen, wie es die Gelenkkapseln sind, eine stete Abschuppung vor sich geht; hier würde sie zu einer stets wachsenden Anhäufung führen müssen, wenn nicht die alkalische Beschaffenheit der Gelenkflüssigkeit (Synovia) die Zellen vollständig zu Schleim auflöste, welcher von den auffaugenden Gefäßen weggeführt werden kann. Der Schleim des Darmes mit den Massen von halbgelösten oder ungelösten Zellen, welche er einzuschließen pflegt, bildet um den Speisebrei, je mehr derselbe im Darme fortrückt, mehr und mehr eine Hülle, vermengt sich damit und trägt endlich wesentlich zur Bildung des Kothes bei, welcher sich in den Dickdärmen aufhäuft.

Es ist sehr denkbar, daß der Darmsaft durch seine alkalische Beschaffenheit, vielleicht auch noch auf andere Weise, auf den Speisebrei einwirkt. *) Schon die Verschiedenartigkeit der Darmdrüsen wird vor der voreiligen Annahme warnen, als ob ein Studium dieser Drüsen und ihrer Secrete nicht noch wichtige Früchte bringen könnte. Die alkalische Reaction des Darmsaftes wird uns zunächst jedenfalls erklären, wie der saure Chymus des Magens in den Därmen allmälig zu einer alkalischen Beschaffenheit gelangt. Indessen sind über die saure und alkalische Beschaffenheit der Darmflüssigkeit und des Darminhaltes an den verschiedenen Stellen bis jetzt noch nicht an so gar vielen Thieren gründliche Versuche angestellt worden, daß man allgemeine Regeln mit Sicherheit aufstellen, oder gar weitgreifende Folgerungen daran knüpfen könnte. Auch sind bei den untersuchten, hauptsächlich Säugethieren, schon verschiedene Differenzen zum Vorscheine gekommen. Besonders mangelhaft sind unsere Kenntnisse auch über die besondere Function des bei Säugethieren meist vorhandenen und oft großen, bei den Vögeln meist in der Doppelzahl vorkommenden B l i n d d a r m e s. Dieser Theil ist höchst variabel, nicht bloß in seinem Vorkommen überhaupt, sondern auch in seiner Größe und seinen besonderen Einrichtungen bei den Thieren, welche ihn besitzen. Mangel dieses Theiles oder besondere Kleinheit findet sich sehr gewöhnlich bei Fischen und Reptilien, sowie bei Fleischfressern sowohl unter den Vögeln als Säugethieren. Aber auch einigen entschiedenen Pflanzenfressern, wie den Siebenschläfern und Haselmäusen, überhaupt dem Genus Myoxus, ja selbst den Faulthieren, deren Nahrung aus grünen Pflanzentheilen besteht, fehlt dieser Theil. So kann es natürlich nicht überraschen, wenn auch unter den Fleischfressern Vorhandenseyn und Mangel des Blinddarms sich so wenig genau an die Nahrungsweise bindet, daß z. B. die so besonders fleischfressenden Katzen einen, wenn auch kleinen, Blinddarm besitzen, während er den mehr omnivoren Bären fehlt. Man hat die Bemerkung gemacht, daß bei einigen pflanzenfressenden Beutelthieren eine geringe Entwicklung des Blinddarms mit sehr complicirter Magenbildung zusammentreffe; daran schließt sich auch der erwähnte Mangel dieses Darmtheiles bei den Faulthieren, und selbst die Wiederkäuer zeigen einen Blinddarm, der zwar groß, jedoch bei weitem nicht so entwickelt ist, als er sich bei den von ähnlicher Nahrung lebenden einhufigen Thieren neben einem einfachen Magen findet.

In seltenen Fällen hat der Blinddarm an seinem letzten Ende noch eine dünne sehr drüsenreiche Verlängerung, von ihrer Gestalt Wurmfortsatz (process. vermicularis) genannt. Sie kommt unter anderen dem Menschen, verschiedenen Affen und den Affen nahe stehenden Thieren (Prosimii), den Lepus u. s. w. zu. Zuweilen finden sich drüsige Anhängsel auch an anderen Stellen als am Ende des Blinddarms; ja, bei den Lepus findet sich eine sehr drüsenreiche, fast kugelförmige Ausstülpung an der Stelle, wo der Dünndarm sich in den Dickdarm öffnet. Man könnte dieß Gebilde für ein Rudiment eines zweiten Blinddarms erklären. Eine Verdoppelung dieses Darmstückes, bei den Vögeln die Regel bildend, kommt in der That bei einigen wenigen Säugethieren entschieden vor. Diese können sowohl der Größe als der Stellung nach asymmetrisch seyn, während bei den Vögeln wenigstens die Stellung der Blinddärme stets symmetrisch ist.

Aus der Unregelmäßigkeit des Vorkommens des Blinddarmes geht nothwendig der Schluß hervor, daß seine Function keine sehr wesentliche seyn mag, sie muß wenigstens auch von anderen Theilen des Darmes, dem obern Ende des Dickdarmes etwa, vollzogen werden können, wo der Blinddarm fehlt. Was wir als ungefähre Regeln über sein Vorkommen und über die Verhältnisse, wo er am größten ist, angeben können, deutet wohl an, daß im Blinddarme, wenn nicht eine neue chemische Einwirkung auf den schon bedeutend extrahirten Speisebrei, so doch eine Extraction desselben beabsichtigt ist. Man findet noch in den Excrementen der Thiere Antheile nicht aufgesaugten Nahrungsstoffes, und es ist unzweifelhaft, daß noch bis

*) Neuere Untersuchungen setzen die verdauende Wirkung des Darmsaftes außer Zweifel.

zur Entleerung derselben aus dem After die Resorption thätig gegen sie ist. Das beweist das Trockenwerden der faeces, deren Ausleerung längere Zeit zurückgehalten war.

Es ist also begreiflich, daß eine Vorrichtung auf der Grenze zwischen Dünn- und Dickdarm, welche einen Theil des Darminhaltes längere Zeit in sich bewahrt, dem Körper noch einen Gewinn an Nahrungsstoff gewähren kann, welcher bei rascherer Ausleerung verloren gehen müßte.

Der Umstand, daß man den Inhalt des Dickdarmes von saurer Reaction fand, hat aber auch zu der Ansicht veranlaßt, daß hier noch eine nachträgliche Verdauung, ähnlich der Magenverdauung, statthaben möge.

Wie der Inhalt in den Blinddarm hinein und hinaus gelangen mag, läßt sich nicht genau angeben. Wir haben ihn bei vielen Thieren stets ziemlich angefüllt gesehen. Seine Bewegungen scheinen träger Art zu seyn. Hiemit läßt sich nun nicht wohl die Ansicht vereinigen, daß dieser Darmtheil eine Zeit lang sich anfülle und sich alsdann nach einiger Zeit wieder entleere. Denn es müßte diese Entleerung so wie die Anfüllung bei Thieren mit großem Blinddarm, wie es die Kaninchen sind, eine nicht unbedeutende Zeit dauern und dann müßte man doch zu Zeiten einen wenig gefüllten Blinddarm antreffen. Auf der andern Seite aber ist es auch schwer einzusehen, wie sich gleichzeitig neue Massen vom offenen Ende des Blinddarms gegen sein Ende und andere vom blinden Ende gegen das offene bewegen sollten, was man doch fast annehmen muß, wenn man die abwechselnde Füllung und Entleerung nicht zugeben will. Am leichtesten wäre dieß vielleicht sich so vorzustellen, daß der Blinddarm allemal durch eine mäßige Contraction einen Theil seines Inhaltes in den Dickdarm schöbe und daß dann neu ankommende Massen durch einen leisen motus peristalticus sich hauptsächlich zwischen der Wand des Blinddarmes und seinem ältern Inhalte gegen das blinde Ende hin bewegten. Diese Vorstellungsweise, auf welche wir indessen keinen besondern Werth legen dürfen, würde noch den Vortheil haben, daß sich auf diese Weise immer die neuen Massen vorzugsweise in Berührung mit der Darmfläche befinden würden.

Die innere Beschaffenheit des Blind- und Dickdarms ist sowohl in Beziehung auf Drüsenapparat als Schleimhautfalten sehr manchfaltig. Selbst Zotten oder ihnen entsprechende Hervorragungen der Schleimhaut kommen hin und wieder, besonders im Anfang dieser Darmtheile, vor.

Im Dickdarme nimmt der Inhalt mehr und mehr den Charakter des Kothes an, welcher natürlich je nach der Nahrung des Thieres verschieden ist, bei vielen Thieren mehr trocken und fest wird, bei anderen weich bleibt.

Die Einrichtungen zur Ausleerung dieser Ueberbleibsel der Verdauung und der Absonderungen der am Darme gelegenen Drüsen, sind bei den verschiedenen Thieren sehr verschieden und zwar namentlich insofern, als bei den Säugethieren und Fischen fast überall der Mastdarm eine gesonderte Mündung nach Außen für sich allein besitzt, während bei allen Reptilien und Vögeln sich eine sog. Cloake findet. D. h. der Mastdarm mündet in eine Höhle aus, in welche auch die Harn- und Geschlechtswerkzeuge sich öffnen. Einige nähere Angaben hierüber folgen bei der Betrachtung der Harn- und Geschlechtsorgane. Aehnliches zeigen unter den Fischen die Plagiostomen, unter den Säugethieren die Monotremen, welche eben daher ihren Namen führen. Annäherung an Cloakenbildung findet sich sonst noch namentlich bei den Beutelthieren. Auch die Faulthiere scheinen uns, nach einer Untersuchung des männlichen Bradypus tridactylus, hier eine Erwähnung zu verdienen. Denn es findet sich bei ihnen unter der Haut in dieser Gegend ein Kreismuskel, welcher vom After an nach vorn die Fläche umschreibt, an welcher der Penis hervortritt, und durch seine Zusammenziehung diese ganze Fläche in einen Sack verwandeln kann, an oder in dessen hinterem Ende der After liegt.

Bekannt ist es, wie der Akt der Entleerung selbst auch in manchfaltiger Weise vollzogen wird. Bei manchen Thierarten in der Regel mit besonderen Anstrengungen, bei anderen

leicht im Gehen, Laufen. Manche Thiere sind sehr besorgt, ihre Nester oder Lager nicht zu verunreinigen, andere nicht. Gewisse Raubvögel schleudern ihre Ausleerungen durch eine kräftige Contraction horizontal fort, während sie sonst bei den Vögeln in der Regel nur gleichsam niederfallen. — So viel von den Verdauungsapparaten der Wirbelthiere. Wenden wir uns von ihnen zu einer Betrachtung der übrigen Thiere.

Es ist leicht begreiflich, warum in einer Thiergruppe die Manchfaltigkeit der Nahrung und Nahrungsaufnahme, sowie die davon abhängige Einrichtung der Kau- und Verdauungsapparate in einem bestimmten Verhältniß zu der Verschiedenheit der Locomotionsorgane und der Bewegung stehen müsse. Selbst wenn wir den Zusammenhang nicht einsehen, werden wir die Thatsache nicht wegläugnen können. Schon die voranstehende Betrachtung hat uns dazu genug Belege gegeben. Noch augenfälliger aber wird dieses, sobald wir die Abtheilung der Arthropoden betrachten, die an Manchfaltigkeit der Locomotion (und Lebensweise) die Vertebraten noch übertreffen und die verschiedensten Gegensätze in dieser Hinsicht uns darbieten.

Es ist ein großer Unterschied zwischen der fußlosen Made und der summenden Biene, zwischen dem schwerfälligen Maikäfer und dem behenden Laufkäfer. Und derselbe Unterschied in der Nahrung dieser Thiere. Die einen finden sie in dem stinkenden Aas, die anderen in der duftenden Blüthe; die einen nähren sich in friedlichem Verkehr von den grünen Blättern des Waldes, die anderen im räuberischen Kampf von den Leibern ihrer Feinde.

Es ist kaum irgend ein animalischer oder vegetabilischer Stoff, den alle Arthropoden gleichmäßig zur Nahrung verschmäheten, von dem festesten Holz, den Federn und Haaren (die allerdings wohl vorzugsweise nur am weichen Wurzelende angegriffen werden) bis zu den Säften der Pflanzen und dem Blute.

Da die Art der Nahrung nach den Begabungen und Fähigkeiten der Thiere, die sie zu sich nehmen, sich richtet, da diese ferner gewöhnlich bei einer größern oder kleinern Gruppe von Thieren übereinstimmen, wird es erklärlich, warum verwandte Formen auch meistens eine gleiche Nahrung genießen. So nähren sich Krebse, Tausendfüßler und Spinnen vorzugsweise von animalischer Kost. Ebenso sind die Schmetterlinge ganz allgemein auf eine Pflanzennahrung, und selbst auf eine bestimmte Art derselben, angewiesen, die Wanzen auf eine animalische, die Heuschrecken auf eine vegetabilische Speise. Indessen sehen wir auch Ausnahmen von diesem Gesetze, die aber wohl beständig auf entsprechende Verschiedenheiten der Organisation und Lebensweise sich zurückführen lassen. Unter den Wasserkäfern nähren sich z. B. die trägen Hydrophilen von Vegetabilien, die kräftigen und schnellen Dytisciden von Thieren. Selbst die verschiedenen Entwicklungsformen desselben Thieres sind oft in dieser Hinsicht verschieden, wenn die Verschiedenheit der Bewegungsweise es verlangt. Die schwerfälligen Raupen würden verhungern, sobald sie, wie die ausgebildeten Schmetterlinge, auf den Honig der Blüthen als Nahrung angewiesen wären. Sie verzehren die Blätter, wie die fußlosen Maden der Ichneumoniden die Säfte des thierischen Körpers, in dem sie parasitisch leben, während beide im ausgebildeten Zustande, frei beweglich, dieselben Pflanzensäfte genießen.

Zur Aufnahme der Nahrung dienen bei den Arthropoden bestimmte Apparate, die den Eingang in den Verdauungskanal umgeben, und sich nach ihrem physiologischen Werthe mit dem Gebisse der Wirbelthiere vergleichen lassen. Von vorn herein werden wir in der Anordnung dieser Theile die größte Manchfaltigkeit vermuthen müssen, die indessen auch hier viel weniger von der chemischen Beschaffenheit der Nahrungsmittel abhängt, als vielmehr von der Art und Weise des Vorkommens in der umgebenden Natur. Es sind andere Leistungen bei Aufnahme der Nahrungsmittel nothwendig, wenn sich diese als feste Substanzen darbieten, die einer mechanischen Zerkleinerung bedürfen; andere, wenn sie eine flüssige Form besitzen und ohne Weiteres in den Verdauungsapparat übergeführt werden können.

Im Allgemeinen gliedern sich die Mundwerkzeuge der Arthropoden nach diesen Verschiedenheiten in der physikalischen Beschaffenheit der Nahrungsmittel in kauende und in saugende. Wenn es bei den ersteren darauf ankommt, nicht bloß die Nahrungsmittel auf eine geschickte Weise zu ergreifen und festzuhalten, sondern sie auch zur Einführung in den Darmkanal gehörig zu präpariren, beschränkt sich die Aufgabe der anderen im Wesentlichen auf eine möglichst zweckmäßige Fortleitung der in passender Form schon vorhandenen Stoffe. Nur die Möglichkeit dieselben zu erlangen mußte noch berücksichtigt werden. Die Nahrungsmittel, auch die flüssigen, liegen nicht immer und überall frei, wie harrend der Aufnahme. Sie kommen vielmehr sehr häufig unter Verhältnissen vor, die das Thier, das ihrer zur Nahrung bedarf, zu anderweitigen wechselnden Leistungen zwingen.

So ist es z. B. bei den saugenden Arthropoden, die auf eine animalische Kost angewiesen sind. Hier mußten die Saugwerkzeuge zugleich in Waffen sich verwandeln, durch deren Hülfe der Zugang zu den thierischen Flüssigkeiten gebahnt wurde; hier bedurfte es auch häufig noch einer besondern Entwicklung der Instincte und Kunsttriebe (wie bei den Netzspinnen), die Beute zu erhaschen.

Das Vorkommen von Saugwerkzeugen erstreckt sich über alle Klassen der Arthropoden, wenngleich in verschiedener Ausdehnung. Sehr häufig treffen wir sie bei den Spinnen, wo eigentlich nur eine kleine Gruppe von pflanzenfressenden Milben eine Ausnahme macht. Unter den sechsfüßigen Insekten finden sie sich bei den Schmetterlingen, Fliegen und Wanzen, zum Theil auch bei den Bienen, unter den Crustaceen bei den schmarotzenden Siphonostomen, unter den Myriapoden bei den sog. Siphonizantia Brdt. (bei denen übrigens die nähere Einrichtung noch nicht bekannt ist). Die Anordnung dieser Apparate, der saugenden wie auch der kauenden, ist übrigens nach einem ganz andern Plane geschehen, als bei den Wirbelthieren. Sie sind nicht Theile eines innern Skelets, auch nicht in einer Mundhöhle verborgen, sondern freie äußere Anhänge des Körpers, die mit den nach hinten auf sie folgenden Extremitäten, Kiemen u. s. w. in dieselbe morphologische Gruppe von Organen gehören und als Segmentanhänge betrachtet werden müssen. Gleich diesen erscheinen sie in der Regel als paarige Gebilde mit symmetrischer Entwicklung, die bald seitlich auf einander wirken, wie die beiden Arme einer Zange (zum Festhalten, Zerkleinern der Beute u. s. w.), bald stiletförmig sich an einander auf- und abschieben (zum Bohren u. s. w.). Nicht selten bilden sie auch kanalförmige oder hohlrinnenartige Apparate zum Fortleiten der flüssigen Nahrung. Die Zahl dieser paarigen Anhänge ist sehr verschieden, bei den Spinnen nur zwei, bei den sechsfüßigen Insekten vier, bei den Krebsen sogar bis sieben. Als Normalzahl können wir übrigens wohl die Zahl vier ansehen, die aber nicht immer eingehalten ist, wie bei den Spinnen, bei denen das vordere Paar der Mundwerkzeuge mitsammt dem Vorderkopfe fehlt und das hintere Paar in wirkliche Locomotionsorgane sich umgewandelt hat, oder bei den Krebsen, bei welchen die Anhänge des Thorax, die sonst als Bewegungswerkzeuge verwandt sind, in größerer oder geringerer Zahl zu accessorischen Mundwerkzeugen werden. Den Grund für solche Verschiedenheiten werden wir in den jedesmaligen Bedürfnissen der einzelnen Arthropoden zu suchen haben. — Die Lage der Mundwerkzeuge ist durch die Lage des Mundes an der Ventralfläche des Vorderleibsendes, des sog. Kopfes, bestimmt. Sie stehen im Umkreis dieser Oeffnung. Vergleichen wir die Mundwerkzeuge der verschiedenen Arthropoden, die kauenden wie saugenden, so können wir trotz aller Abweichungen in Gestalt und Verwendung eine gewisse Uebereinstimmung des Baues nicht verkennen, namentlich nicht in den einzelnen größeren Abtheilungen der Arthropoden.

Die sechsfüßigen Insekten besitzen, wie oben erwähnt wurde, vier Paare von Mundanhängen, die sehr dicht auf einander folgen. In Wirklichkeit sind von diesen Anhängen aber nur die beiden mittleren, welche die Mundöffnung zwischen sich nehmen, paarige, symmetrische Gebilde (die sog. Kiefer), während vordere und hintere, welche die Mund-

öffnung begrenzen, gewöhnlich ganz vollständig zu unpaarigen Blättern (den sog. Lippen) mit einander verschmolzen sind.

Oberlippe (labrum) und Oberkiefer (mandibula) sind von diesen Anhängen die einfachsten. Die erstere ist eine hornige Querplatte, höchstens mit einem Ausschnitt in der Mitte, der einzigen Spur einer seitlichen Duplicität. Die Oberkiefer, die von dieser Lippe bedeckt sind, erscheinen als zwei einfache, bewegliche Fortsätze von conischer oder lancettförmiger Gestalt. — Zusammengesetzter ist der Bau der beiden hinteren Mundanhänge. Nicht bloß, daß sie an der äußern Seite einen gegliederten, fadenförmigen Taster (palpus) tragen; sie selbst sind auch in mehrere Stücke zerfallen. In ihnen unterscheiden wir den eigentlichen Körper (stipes), der meistens auf einem kleinen Basalstücke (cardo) aufsitzt, und an seinem Ende zwei lappenartige mehr oder minder freie Laden (lobi) besitzt. Die Unterkiefer (maxillae) zeigen alle diese Theile sehr deutlich, wenigstens in der Regel, wenn sie vollkommen entwickelt sind. An der Unterlippe (labium) sind dagegen die Basalstücke am Körper, oft auch die Laden beider Seitenhälften mit einander verschmolzen, so daß dieselben im letztern Falle, wie die Oberlippe, aus einer einzigen unpaaren Platte besteht, die nur durch den Besitz der beiden Taster sich auszeichnet.

Fig. 75.



m Oberkiefer, zwischen denen d. obere und untere Lippe sichtbar ist; *i p* Theile der Unterkiefer.

Mundtheile eines Käfers.

Die Hexapoden mit Kauwerkzeugen, zu denen die Käfer, Gradflügler, Netzflügler mit einem großen Theile der Hautflügler gehören (im Allgemeinen die am wenigsten leicht beweglichen Insekten) bieten in der Entwicklung und Form dieser Gebilde nur wenige bedeutende Differenzen, am auffallendsten noch in der Gestaltung der Unterkieferladen und der Unterlippe. Die Kiefer bewegen sich seitlich gegen einander, obere und untere, namentlich die ersteren, denen das Festhalten und die mechanische Zerkleinerung der Nahrungsmittel obliegt. Starke Muskelbündel, die nach ihrer Wirkung einige Aehnlichkeit mit den Kaumuskeln der Wirbelthiere haben und an der innern Fläche des Kopfskelets ihren einen Insertionspunkt finden, erfüllen sie im Innern. Sie sondern sich in zweierlei Bündel, von denen das eine der Beugung (Adduction), das andere der Streckung (Abduction) vorsteht. Die Entwicklung dieser Muskeln steht natürlich mit dem erforderlichen Kraftaufwand in innigster Beziehung.

Von der Lebensweise und der Nahrungsbeschaffenheit ist es abhängig, ob die Function und Bildung der Oberkiefer mehr auf das Ergreifen und Festhalten der Beute, oder auf das Kaugeschäft Bezug hat. So ist es z. B. erklärlich, warum bei den Raubinsekten das Erstere eine größere Berücksichtigung verdient, als in anderen Fällen. Wo eine feste vegetabilische Substanz genossen wird, wo Excremente, thierische Leichen u. s. w. zur Nahrung dienen, da sind die Oberkiefer von einer kurzen und gedrungenen, konischen oder pyramidalen Form. Die inneren einander zugekehrten Flächen sind gerade und ziemlich breit, besonders an der Basis, während sie nach vorn sich verschmälern und eine schneidende Kante bilden. Jene hinteren unmittelbar an der Mundöffnung gelegenen Flächen dienen zum Zermalmen der Speise. Nach den bekannten Gesetzen der Hebelwirkung können sie mit größerer Kraft gegen einander wirken, als die vorderen Enden, um so mehr, als bei der selbstständigen Insertion eines jeden Kiefers durch eine abwechselnde stärkere Contraction der beiderseitigen Adductoren ein Verschieben und Uebereinanderhingleiten derselben möglich ist. Um die Wirkung noch zu verstärken, tragen diese Flächen gewöhnlich einen ziemlich großen Zahnfortsatz (gewissermaaßen einen Backenzahn), der sich in mehr oder minder zahlreichen flachen Höckern erhebt. Auch vordere Mandibularzähne sind übrigens nicht selten, namentlich bei den Heuschrecken. Sie sind aber überall weit spitzer, schärfer und schneidender, wohl deßhalb, weil sie weniger für das Zermalmen der Speise, als vielmehr für das Anfassen und Abschneiden derselben eine Bedeutung haben. Die gleichzeitige Anwesenheit von beiderlei Zähnen charakterisirt die mehr omnivoren Insekten.

Das Gebiß der eigentlichen Raubinsekten hat eine andere Bildung. Die Kiefer haben hier jene gedrungene pyramidale Gestalt verloren, sie sind länger, schlank, cylindrisch und bogenförmig nach den zugespitzten Enden gekrümmt, wie die Arme einer Kneipzange. (Man vergleiche die nebenstehende Figur eines Raubkäfers.) Backenzähne fehlen, oder tragen, wenn sie vorhanden sind, spitze Hervorragungen. Sehr allgemein sind dagegen vordere, gleichfalls scharfe, zugespitzte Zähne. Man erkennt sehr leicht die Bedeutung solcher Apparate. Sie dienen zum Greifen, zum Verwunden, weniger zum Zerkleinern und Kauen. Soweit das letztere bei einer animalischen Kost nöthig ist, geschieht es wohl durch die inneren Laden der Unterkiefer, die dann zu solchen Zwecken nicht bloß eine festere Beschaffenheit besitzen, sondern auch (um das Ausgleiten zu verhüten) mit einer Anzahl kleiner Zähne und steifer Borsten versehen sind. So wie es übrigens zwischen diesen beiden extremen Formen der Mandibeln bei den kauenden Hexapoden zahlreiche und manchfache Uebergänge gibt, so erlaubt auch die Gestaltung derselben ohne Berücksichtigung der übrigen Körperbeschaffenheit nicht in allen Fällen einen Rückschluß auf die Lebensweise. Wir finden eine Anzahl von Raubinsekten, die in der Form ihrer Oberkiefer den omnivoren Arten ähnlicher sind, als den eigentlichen Räubern. So z. B. das hier abgebildete Gen. Mantis. Die Erklärung dieser Abweichung ist leicht: die vorderen Extremitäten versehen die Function der Oberkiefer, so weit diese sich auf das Ergreifen der Beute beziehet; sie sind zu sehr regelmäßigen Greifwerkzeugen geworden, indem das äußerste Glied der Beine, die sog. Tibia, sich gegen das vorhergehende einschlagen kann, wie die Klinge eines Taschenmessers gegen die Scheide. Was zwischen diese beiden Glieder geräth, wird festgehalten, da es durch die Borsten und Zähne der anliegenden Ränder am Ausgleiten verhindert wird.

Fig. 76.



Carabus auratus.

Fig. 77.



Mantis religiosa.

Dieselbe Metamorphose der Vorderbeine in förmliche Raubfüße findet sich übrigens nicht bloß unter den Insekten mit kauenden Mundtheilen. Wir treffen sie auch bei einer Anzahl von Raubinsekten mit Saugapparaten (unter den Wanzen bei Nepa, Naucoris u. s. w.), die sich denn dadurch in den vollständigen Besitz ihrer Beute setzen können. Auch noch auf andere Weise wird bisweilen die Unfähigkeit der Mandibeln zum Ergreifen der Beute bei den Raubinsekten ausgeglichen und durch eine passende Einrichtung von anderen Theilen ersetzt. So z. B. bei den Larven und Puppen der Libelluliden, bei denen sich die Unterlippe in einen Greifapparat metamorphosirt hat, in einen langen lanzettförmigen Anhang, der aus mehreren Gliedern besteht und am vordern Ende die freien und zangenartig entwickelten äußeren Laden trägt. In der Ruhe ist dieses Organ zusammengelegt und bedeckt die übrigen Mundtheile, wie eine Art Maske, kann aber von da (wie die Zunge mancher Amphibien) zum Erhaschen des Raubes blitzschnell hervorgestoßen werden. In anderen Fällen findet sich auch umgekehrt die Form der Raubmandibeln bei Insekten mit abweichender Lebensweise. Wir brauchen hier bloß an die bekannte Entwicklung und Stärke dieser Anhänge bei dem männlichen Hirschschröter zu erinnern. Daß dieselben gleichfalls zum An=

Fig. 78.



Nepa cinerea.

fassen und Festhalten bestimmt seyen, läßt sich wohl nicht bezweifeln, obgleich ihre Function weniger auf die Besitznahme von Nahrungsmitteln, als auf mancherlei anderweitige Dienstleistungen Bezug haben mag. Ebenso bot uns ja auch der Bau der Zähne in den Wirbelthieren mitunter noch weitere Beziehungen, als ausschließlich zu der Nahrungsaufnahme. Wie aber diese von allen am meisten auf die Ausrüstung und Gestalt der Kiefer influiren, sieht man auch aus der verschiedenen Festigkeit, welche dieselben, je nach der Nahrung, besitzen. Die Ligniperden verhalten sich in dieser Hinsicht anders, als die Blatt- und Kothfresser u. s. w.

Sind nun die Nahrungsmittel durch die Thätigkeit der Oberkiefer ergriffen und zerstückelt, so kommt es darauf an, sie zu einem Bissen zu formen und in den Darmkanal zu bringen. Dieses ist das vorzüglichste Geschäft der Unterkiefer, die um so mehr dazu geschickt sind, als ihre Gliederung eine große Manchfaltigkeit der Bewegungen gestattet, und die einzelnen Glieder je nach den speciellen Bedürfnissen des Gebrauches eine differente Entwicklung annehmen können.

Die wichtigsten Theile der Unterkiefer sind wohl die sog. Laden, namentlich die inneren, die von beiden Seiten auf einander stoßen und zangenförmig, wie die Oberkiefer, wirken können. Wenn wir nun aber trotzdem eine große Verschiedenheit des Gebrauches bei beiden wahrnehmen, so resultirt dieses wohl vornehmlich aus der Verschiedenheit ihrer Anordnung. Die Laden sitzen nicht unmittelbar, wie die Oberkiefer, auf dem Kopfskelet, sondern sind damit durch eine Kette von zwei beweglichen Gliedern oder Gelenkstücken (Maxillarkörper und Grundtheil) verbunden. Eine Folge davon ist es, daß die Beweglichkeit der Laden auf Kosten der sonst etwa möglichen Kraftleistung sich sehr beträchtlich vergrößerte. Zum Zerstückeln eines harten Körpers, zum Schaben und Bohren werden sich die Maxillarladen nur wenig eignen. Dagegen ist es ihnen ein Leichtes, die zerstückelten Bissen festzuhalten und der Mundöffnung zuzuführen. Es bedarf hierzu nur der Bewegung der einzelnen kettenförmig verbundenen Maxillarstücke, höchstens noch der Beihülfe der vielfach gegliederten und darum auch vielfach beweglichen Palpen, die übrigens daneben noch, wie die Lippen der Wirbelthiere, als Organe eines feinern Gefühles (s. weiter unten) zum Betasten und Prüfen der Nahrungsmittel dienen. Die Formverschiedenheiten der einzelnen Maxillarstücke sind sehr beträchtlich, doch im Augenblicke noch nicht einer erschöpfenden physiologischen Deutung zugänglich. Am constantesten ist die Form der Taster, die wohl überall einen dünnen (meist fünffach) gegliederten Faden darstellen. Von den beiden unteren Maxillarstücken sind die Basaltheile die kleinsten. Sie erscheinen als kurze, viereckige Platten, meist breiter als lang. Der eigentliche Körper ist länger, unregelmäßig viereckig oder oval, hie und da nur undeutlich von dem Grundtheil geschieden. Die inneren Laden zeigen größere Verschiedenheiten, je nachdem sie bloß zum Ueberführen der Bissen in den Darmkanal dienen, oder auch als Hülfsapparate der Oberkiefer bei dem Zerkleinern der Nahrungsmittel verwendet werden. Bei den Fleischfressern (besonders bei den Raubinsekten — s. nebenstehende Abbildung —) sind sie schlank und gestreckt, nach innen gekrümmt und am Ende, oft auch am ganzen inneren Rande, mit einer Reihe spitzer und schneidender Zähne versehen. Der Endzahn ist nicht selten beweglich eingelenkt, wie eine Kralle, und kann dann gegen die Lade sich einschlagen, wie die Klinge eines Messers. Aehnlich ist die Form bei den Orthopteren, doch erscheint hier die Basis derselben an dem innern Rande bauchig aufgetrieben, wie zum Kauen eingerichtet und mit kurzen steifen Borsten versehen. Die pollenfressenden oder sonst von einer festen vegetabilischen Kost sich nährenden Insekten haben kürzere lappen- und beilförmige Laden, die am innern freien Rande, wie an der Spitze, stark behaart sind. Von ähnlicher Form sind die äußeren Laden, die übrigens nicht selten die inneren überragen und selbst (wie bei den Lamellicornien) mehr oder minder vollkommen ersetzen und ver-

Fig. 79.



Unterkiefer eines Raubkäfers.

drängen können. Die äußeren Laden der Raubkäfer gleichen in Gestalt und Anordnung den Tastern. Aehnlich bei den Orthopteren, obgleich dieselben hier noch nicht so vollkommen metamorphosirt sind.

Besteht die Kost aus flüssigen vegetabilischen Substanzen, aus Honig und sonstigen Pflanzensäften, dann strecken sich die Laden zu langen und schmalen zungenförmigen Anhängen, die in ganzer Ausdehnung Haare tragen und zum Auflecken geschickt sind. So z. B. bei dem Hirschkäfer.

Die Lippen der kauenden Insekten sind in der Regel, wie schon erwähnt worden, zwei unpaarige Querplatten, welche die Kiefer zwischen sich nehmen und von unten und oben mehr oder minder vollständig bedecken und umschließen. Lage und Form machen sie besonders geschickt, das Ausgleiten der Bissen bei dem Zerkleinern und Ueberschlucken zu verhüten. In den meisten Fällen scheint sich die Bedeutung derselben (wenn wir von den Unterlippen-Tastern absehen) auch wirklich in dieser Aufgabe zu erschöpfen. So besonders da, wo sie vollkommen einfach sind und mit den angrenzenden Theilen des Kopfskelets fest zusammenhängen, wie namentlich bei den echten Pflanzenfressern, die immer nur kleine Portionen von Nahrung zur weitern Bearbeitung zwischen die Kiefer bringen. Soll dieses mit größeren Stücken geschehen, so müssen die Lippen eine klappenartige Bewegung erlauben, wie wir es bei den Orthopteren und Raubkäfern sehen. Die freien Lappen, die an der Unterlippe nicht selten vorkommen, dienen wahrscheinlich zum Zurechtlegen der Bissen, wenn diese durch die Maxillen in den Darmkanal gebracht werden sollen. Je mehr sie sich lösen, desto wichtiger und manchfaltiger wird ihre functionelle Befähigung werden. So namentlich bei den Heuschrecken und Libellen.

Wenn wir bisher bei den Insekten mit kauenden Mundtheilen trotz allerlei Verschiedenheiten überall sehr leicht denselben Typus des Baues erkennen konnten, so gilt dasselbe doch nicht mit gleicher Bestimmtheit für die saugenden Mundtheile. Hier ist die Umformung viel weiter vor sich gegangen, die Aehnlichkeit der einzelnen Anhänge unter sich und mit den entsprechenden Gebilden der kauenden Insekten fast vollständig geschwunden, so daß eine Reduction und morphologische Deutung gar lange Zeit, bis auf die sorgsamen Untersuchungen von Savigny, für vollkommen fruchtlos und selbst für unmöglich gehalten wurde. Jetzt aber wissen wir, daß diese Saugapparate trotz aller scheinbaren Differenz aus denselben Theilen zusammengesetzt sind wie die Kauwerkzeuge, daß Oberlippe, Oberkiefer, Unterkiefer und Unterlippe auch in ihnen als construirende Bestandtheile auftreten.

Die Saugapparate sind natürlich allein zur Aufnahme flüssiger Nahrungsstoffe geschickt, namentlich solcher, die nur an beschränkten Stellen vorkommen und zu ihrer Herbeischaffung mancherlei verschiedene Leistungen erfordern. Daher kommt es, daß sich die Saugwerkzeuge vorzüglich bei den Insekten mit rascher Locomotion und starkem Flugvermögen vorfinden. Nur die Hemipteren machen in dieser Beziehung eine Ausnahme, die in der Lebensweise derselben ihre Erklärung findet. Ein Theil nährt sich von Pflanzensäften, die in reichlicher Menge vorkommen, ein anderer allerdings von animalischen Säften, die sie dann aber beständig (durch Schwimmbewegungen im Wasser, durch nächtliche und parasitische Lebensweise) mit einem verhältnißmäßig geringen Aufwand locomotorischer Kräfte beizuschaffen wissen. Uebrigens verschmähen auch die Insekten mit Kauwerkzeugen nicht immer eine flüssige Kost. So z. B. die oben erwähnten Hirschschröter, die zum Auflecken der Pflanzensäfte eine besondere Entwicklung der Laden an den Unterkiefern und der Unterlippe zeigen. Aehnliches sehen wir bei dem größten Theile der Hymenopteren, die übrigens neben den Pflanzensäften auch noch feste Nahrungsmittel genießen, Pollenkörner und bisweilen selbst animalische Stoffe.

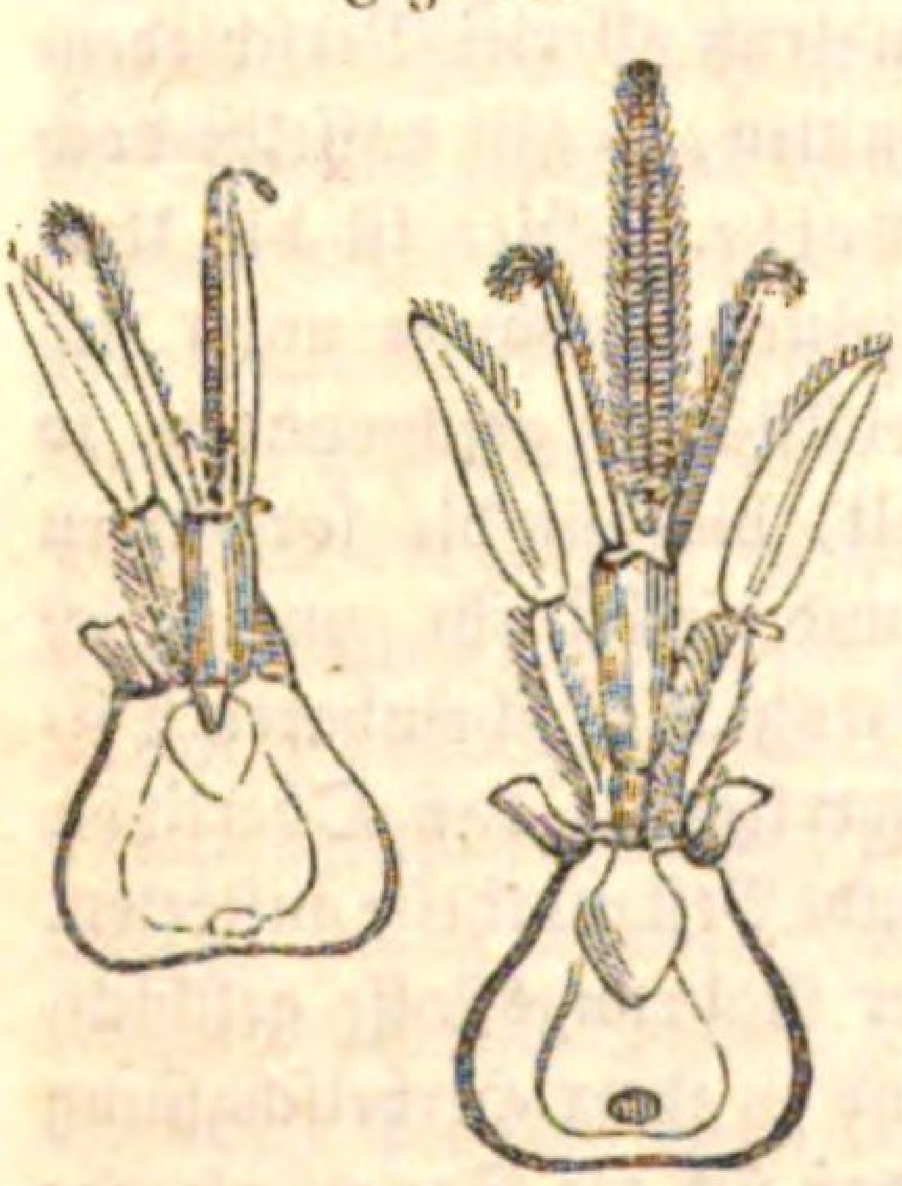
Was nun aber die Saugapparate von den in solcher Weise entwickelten Mundtheilen unterscheidet, ist die Art des Gebrauches. Sie dienen eben zum Aufsaugen der Flüssigkeiten, nicht zum Auflecken derselben. Die Nahrungsaufnahme durch einen Saugact hat in vieler

Beziehung große Vorzüge vor dem Auflecken. Nicht bloß daß dadurch manche Substanzen zugänglich werden, die unter den gegebenen Verhältnissen sonst nicht zur Nahrung verwandt werden könnten; es geschieht dieselbe auch mit geringerm Kraftaufwand und in kürzerer Zeit. Für viele Insekten ist die Anwesenheit von Saugapparaten unumgänglich nothwendig, wenn nicht die ganze Lebensweise und Oekonomie verändert werden sollte.

Wie wir übrigens sogleich sehen werden, ist die besondere Anwendung und Structur der Saugwerkzeuge bei den einzelnen Gruppen der Insekten sehr verschieden. Bald sind es diese, bald jene Theile, die vor den anderen zur Vermittlung der Nahrungsaufnahme benutzt sind. Offenbar hängt dieses von mancherlei Nebenbedingungen ab, namentlich davon, ob die Mundtheile ausschließlich zum Auffaugen, oder auch daneben noch zu anderweitigen Leistungen verwandt werden, und zu welchen.

Trotz dieser Verschiedenheit gibt es aber auch einige Uebereinstimmung in dem Bau der verschiedenen Saugapparate, wie schon von vorn herein bei der Gleichheit ihrer hauptsächlichen functionellen Verwendung zu vermuthen ist. In allen Fällen kam es darauf an, einen Röhrenapparat zu construiren, der zum Aufnehmen und Fortleiten der ernährenden Flüssigkeit passend war. Natürlich mußte dieser Apparat nach hinten mit dem Vorderende des Darmkanales in Zusammenhang seyn. Diese Verbindung, die zur Ueberführung der Nahrungsstoffe in die Verdauungsorgane unumgänglich nöthig war, erschien hier auch in anderer Beziehung noch sehr vortheilhaft, indem der Oesophagus als ein sehr passendes Pumpwerk sich darbot, das bei den starren Wandungen der Saugröhre das Aufsteigen der Nahrung durch dieselbe vermitteln konnte.

Fig. 80.



Mundwerkzeuge der Honigbiene, Apis.

Vom Bauche aus gesehen. In der Mitte die Unterlippe mit ihren Theilen, zu den Seiten zunächst die Unterkiefer, sodann die Oberkiefer. Die vordere Figur zeigt die Mundtheile der linken Seite zusammengelegt.

Die geringsten Abweichungen von der gewöhnlichen Structur der Mundtheile zeigt uns der Saugapparat der **Honigbiene**, der im Wesentlichen nur aus einer Metamorphose der zungenförmig verlängerten Unterlippe hervorgegangen ist. Oberlippe und Oberkiefer zeigen den gewöhnlichen Bau, nur sind die letzteren sehr schwach und schaufelförmig gekrümmt, so daß sie zum Kauen wohl ganz unbrauchbar werden. Dagegen scheinen sie bei dem Aufbau der Zellen nicht ohne Bedeutung. Die Unterkiefer sind sehr gestreckt und schmal, mit Körper und lanzettförmiger Lade, neben denen ein kurzer eingliedriger (bei anderen Arten mehrgliedriger) Taster eingelenkt ist. An der Unterlippe unterscheidet man gleichfalls einen Körper (das sog. Zungenbein, mentum), einen sehr beweglichen kurzen und gedrungenen Cylinder, der an der Unterfläche des Kopfes anhängt. Das vordere Ende dieses Körpers trägt eine Anzahl langer und schmaler Fortsätze, zwei seitliche Taster (deren zweites Glied zu einem langen Stab ausgezogen ist) und die sog. Zunge (lingua), die einen langen und platten, vielfach geringelten Cylinder darstellt und offenbar den inneren Laden der Unterlippe entspricht. Die äußeren Laden sind sehr kurz und erscheinen als ein Paar häutiger Anhänge (Nebenzungen, paraglossae) am Grunde der Zunge. — Die Zunge ist das Hauptorgan des Rüssels. Sie ist äußerlich mit einer großen Menge Borsten besetzt, die nach den einzelnen Ringeln in Querreihen stehen und mit ihren breiten und flachen Basalenden unter sich zusammenhängen. Die Spitze der Zunge trägt einen kleinen zarthäutigen Anhang von blumen- oder trichterförmiger Gestalt, dessen vordere Vertiefung sich nach innen in einen zarten Kanal fortsetzt. Dieser läßt sich durch die ganze Länge der Zunge und des Zungenkörpers verfolgen, bis er dicht hinter der eigentlichen Mundöffnung in den Oesophagus sich öffnet. Der eben beschriebene Kanal, der unter dem Mikroskope durch seine bräunliche Färbung (von der auskleidenden Chitinmembran) leicht auffällt, ist nun der Saugkanal, durch den ver-

mittelst der pumpenden Bewegungen des Oesophagus die Aufnahme des Honigs geschieht. Um dabei die Mundöffnung zu verschließen, besitzt die Oberlippe an der untern Fläche einen eignen papillenförmigen Anhang (epipharynx). — Ob übrigens die Honigbienen die einzigen Hymenopteren mit wirklichen Saugorganen sind, muß erst durch umfassendere Untersuchungen entschieden werden. Nach der äußern Form der Unterlippe und auch der Mandibeln zu urtheilen, gehören dahin allerdings auch noch manche andere Gattungen aus der Gruppe der Aculeata (z. B. Scolia, Ammophila, Bembex), doch kann hierüber nur der Nachweis des Saugkanales mit Sicherheit entscheiden. Es wäre ja möglich, daß trotz der formellen Aehnlichkeit mit der saugenden Zunge der Honigbienen dieser Apparat bloß zum Auflecken diente, und daß die beträchtlichere Länge desselben vielleicht nur auf die gestreckte Form der von jenen Bienen besuchten Blüthen hinweise. Ueberdieß ist die Anwesenheit eines Saugorganes zunächst wohl nur für diejenigen Bienen nothwendig, welche theils ausschließlich oder doch vorzugsweise auf die Nahrung von Pflanzensäften angewiesen sind, theils auch für das Auffüttern der Brut einer größern Menge von Honig bedürfen, als für die individuelle Erhaltung sonst wohl erforderlich wäre. Für solche Fälle war es natürlich wünschenswerth, in der Organisation der Mundwerkzeuge die Mittel zur leichtern und schnellern Nahrungsaufnahme zu besitzen. Und wie vollkommen diese Mittel ausreichen, wird gewiß ein Jeder leicht einsehen, der nur ein Mal den emsigen Fleiß und die geschäftige Schnelligkeit der Bienen beim Einsammeln des Honigs beobachtet hat und mit dem Benehmen der Wespen beim Lecken vergleicht.

Daß auch diese in der kurzen und breiten Unterlippe, und besonders in deren lappenförmigen äußeren und inneren Laden einen Saugapparat besitzen, wie man wohl behauptet hat, müssen wir in Abrede stellen. Was man für Saugröhren gehalten, sind bloße Muskelbündel, die in den vier Lappen von dem gemeinschaftlichen Körper aus bis zur Spitze hinlaufen und hier an eine kleine, stärker verhornte Platte *) sich ansetzen. Die Unterlippe der Wespen dient offenbar bloß zum Auflecken von flüssigen Nahrungsstoffen. Hiermit stimmt auch die ganze Form des Apparates, sowie besonders die eigenthümliche Anordnung seiner Haare. Diese stehen nämlich auf der innern Fläche der Lappen ebenfalls, wie auf der Zunge der Honigbienen, in Querreihen, sind aber nicht bloß an der Wurzel verflacht und mit einander verbunden, sondern ebenso auch an den nach oben und innen gekrümmten freien Enden. Der ganze Apparat erhält dadurch Aussehen und Befähigung einer Reibe oder Feile, die mit seiner functionellen Bedeutung gewiß in nächstem Zusammenhang steht.

In der Ruhe ragt der Rüssel der Honigbienen äußerlich nicht hervor, so daß die Mandibeln ganz ungestört und frei nach ihrer Weise functioniren können. Der Zungenkörper ist nach hinten in einen entsprechenden Ausschnitt an der Unterfläche des Kopfes hineingezogen, und die Zunge mit den Labialpalpen und den Maxillarladen knieförmig nach unten und hinten umgeschlagen. Soll der Saugapparat in Thätigkeit gesetzt werden, dann streckt sich der Rüssel und seine Theile legen sich an einander, dergestalt, daß die Laden der Maxillen die Labialtaster und die Zunge von außen umfassen, wie eine Scheide. Der Rüssel erscheint dann gerade, wie ein Spieß, und überragt den Kopf und die Spitze der Mandibeln sehr bedeutend. So wird er nun in die Blüthen hineingebracht. Bei seiner nadelförmigen Dünne und seiner Biegsamkeit ist er im Stande, schnell und geschmeidig zwischen die Fugen der einzelnen Blumenblätter bis zu den Honigdrüsen hineinzudringen und von dort die nährende Flüssigkeit einzusaugen. Die Palpen mögen dabei zur Stütze, auch wohl zum Tasten und selbst gelegentlich, wie die Laden der Maxillen, zum Auseinanderbiegen der Blätter dienen. Für das Geschäft des eigentlichen Saugens sind alle diese Theile ohne Bedeutung.

---

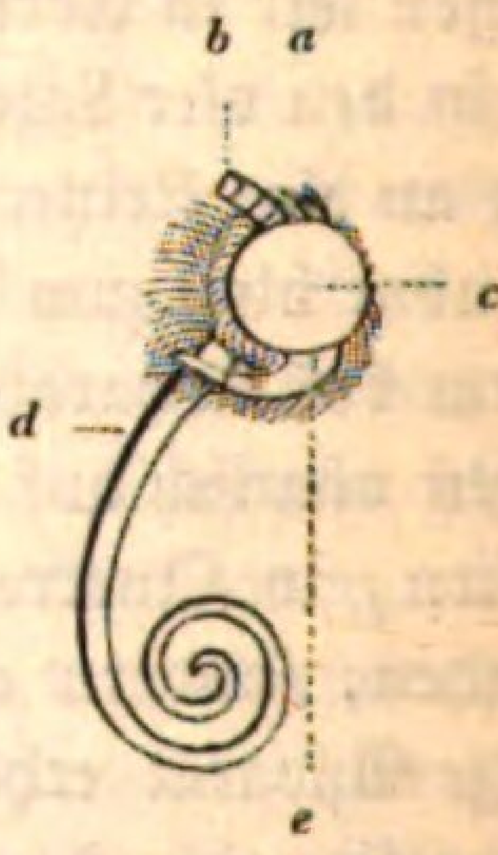
*) Irrthümlicher Weise hat man in diesen Platten bald die äußeren trichterförmigen Oeffnungen dieser Kanäle, bald auch besondere drüsige Körper gesehen.

Anders aber ist es bei den Schmetterlingen, wo eine abweichende Entwicklung des Saugapparates stattfindet, wo nicht die Unterlippe, sondern die beiden Maxillen zu dem Zwecke der Nahrungsaufnahme metamorphosirt worden sind. Alle übrigen Mundorgane haben hier ihre Bedeutung verloren; sie sind verkümmert und nur noch als rudimentäre Anhänge am vordern Theile des Kopfes vorhanden.

Die Lepidopteren sind in ihrer Nahrung ausschließlich auf die Honigsäfte der Pflanzen angewiesen, die keine vorbereitenden Leistungen, für welche sonst wohl die Oberkiefer nöthig sind, verlangen. Auch zu anderweitigen Zweckerfüllungen konnten diese Gebilde bei der Lebensweise der Schmetterlinge nicht verwendet werden, weder zum Aufbau besonderer Wohnungen, wie wir es bei den Honigbienen sahen, noch zum Schutze und der Vertheidigung bei etwaigem Angriff, noch zum Festhalten u. s. w. So kam es denn, daß die Mandibeln bis auf ein Paar schwacher und unbedeutender dreieckiger Hautlappen schwinden konnten, und von einer ebenso kleinen, unscheinbaren Oberlippe bedeckt sind. Ebenso rudimentär ist die Unterlippe, die nur durch die Anwesenheit der großen und stark behaarten dreigliedrigen Taster sich auszeichnet. Daß hier übrigens nicht dieses letztere Mundorgan zu einem Rüssel sich umgestaltet hat, wie bei den Hymenopteren, sondern vielmehr die davor gelegenen Maxillen, mag wohl darin begründet seyn, daß es bei der ganz ausschließlichen und gleichförmigen Nahrung der Schmetterlinge einer besondern, neben der Mundöffnung vorhandenen Saugöffnung nicht bedurfte, die erstere also unmittelbar als Ausgangspunkt des Rüssels benützt werden konnte.

Der Rüssel der Schmetterlinge besteht aus einem rundlichen oder etwas platt gedrückten Cylinder von verschiedener und oftmals sehr beträchtlicher Länge, der überall bei nur einigermaßen ansehnlicher Entwicklung im Zustande der Ruhe zu einer flachen Spirale eingerollt zwischen den beiden Labialtastern getragen wird. Die Verschiedenheiten in der Länge stehen offenbar in nächster Beziehung zu der Form der Blüthen, aus denen die Lepidopteren ihre Nahrung schöpfen. Die Tagschmetterlinge und die Abendschwärmer, welche im Allgemeinen die längsten Rüssel haben, besuchen die tiefsten Blüthen, sind aber außerdem auch im Stande, aus einem flachen Kelche den Honig zu sammeln. Besonders gilt dieß von denjenigen Arten, welche beim Saugen sich setzen, wie die Tagschmetterlinge, die dann die Spirale des Rüssels nur theilweise entrollen. — Die Beweglichkeit des Rüssels ist durch eine große Anzahl kurzer Muskelbündel vermittelt, die in schräger Richtung zwischen der obern und untern Wandung in den Seitentheilen ausgespannt sind.

Fig. 81.



Kopf eines Tagschmetterlings.

b Antenne. c Auge. d Rüssel. e Lippentaster.

Bei näherer Untersuchung findet man aber, daß der Rüssel nicht ein einfacher Cylinder ist, wie es beim ersten Anblick erscheint, sondern aus zwei isolirten Seitenhälften besteht, die eng an einander anliegen, und beide auf ihren angrenzenden Flächen mit einer Hohlrinne versehen sind. Diese beiden Rinnen bilden, wenn die Hälften nicht getrennt sind, einen einfachen Kanal, der die Länge des Rüssels durchsetzt und in den Oesophagus übergeht. Eine Reihe von starken Haaren am obern Rande der Begrenzungsflächen, die oftmals (und besonders bei den oben erwähnten Gruppen) an den Enden hakenförmig gekrümmt sind, dienen als Klammerorgane und bewirken, daß beide Seitentheile noch enger an einander schließen.

Diese Rüsselhälften sind die mächtig entwickelten, lang gestreckten Maxillarladen. Sie stehen auf einem kurzen Körper, der außer ihnen auch noch gewöhnlich einen kleinen, rudimentären Taster trägt, dessen physiologischen Werth wir wohl nicht hoch anschlagen dürfen. Die Labialpalpen sind Tastorgane, können aber wegen der Länge des Rüssels während des Saugens nicht gebraucht werden. So weit das Tastgefühl beim Saugen erforderlich ist, wird es unmittelbar durch den Rüssel selbst vermittelt, der zu diesem Zwecke bei einigen Arten,

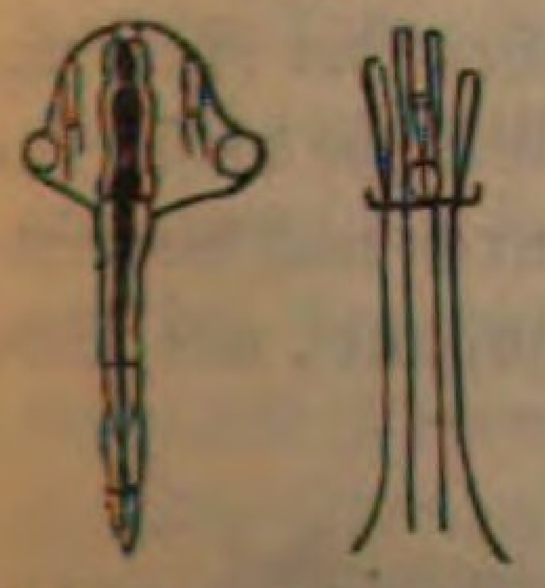
(z. B. Vanessa) an der vordern und obern Hälfte mit besonderen papillenförmigen Hervorragungen (über die man bei den Tastorganen Näheres finden wird) versehen ist.

Der Mechanismus des Saugens ist wohl wesentlich derselbe, wie bei den übrigen saugenden Insekten: der Rüssel ist dabei ein passives Organ, bestimmt zur Aufnahme der nährenden Säfte. Die Contractionen der in ihm eingeschlossenen Muskelbündel werden zur Fortleitung derselben nur Weniges beitragen. Eine abwechselnde Verengerung und Erweiterung des Saugkanales, so sieht man wohl, könnte auf zweckmäßige Weise nur durch Ringmuskelbündel bewirkt werden, und die Anwesenheit solcher Organe ist bei der Bildung des Rüssels aus zwei anliegenden Hälften natürlich unmöglich. Auch den respiratorischen Bewegungen des Körpers, die man häufig als vermittelnde Momente des Saugaktes angesehen hat, müssen wir solche Befähigung absprechen. Die beiden Längstracheen des Rüssels, auf die man besonders Rücksicht genommen, mögen allerdings, je nach ihrer Füllung mit Luft, den Saugkanal verengern und erweitern, zu einer regelmäßigen Fortleitung sind sie aber wohl um so weniger geschickt, als die bei der Erweiterung der Tracheen stattfindende Verengerung des innern Kanales gerade in umgekehrter Richtung, von der Wurzel des Rüssels nach der Spitze zu fortläuft, und dem Aufsteigen des Honigs im Rüssel nur hinderlich seyn würde.

Wenden wir uns nun von den Lepidopteren zu den noch übrigen Ordnungen der saugenden Herapoden, zu den Dipteren und Hemipteren, so treffen wir bei diesen, in Uebereinstimmung mit der Lebensweise, wiederum eine differente Bildung der Mundwerkzeuge. Sie, die meistens auf eine animalische Kost, auf die Aufnahme thierischer Säfte, angewiesen waren, mußten außer den eigentlichen Saugapparaten auch noch mit Gebilden versehen seyn, die ihnen den Zutritt zu derartigen Flüssigkeiten möglich machten, mit förmlichen Waffen zum Angriff, Verwunden und Durchbohren der äußern Haut. Auch da wurden solche Gebilde nothwendig, wo die im Innern der Pflanzen verborgenen Säfte zur Nahrung dienen, wie bei einem Theile der Hemipteren. Wo dagegen, wie bei einigen Dipteren, der Honig das Nahrungsmittel bildet, würde ein Saugrüssel freilich schon allein ausreichen können, doch mag auch dann noch die Anwesenheit von sonstigen Theilen aus mancherlei Nebenrücksichten nicht ganz unnöthig erscheinen.

Das Saugorgan (Fig. 82) ist hier, wie bei den Honigbienen, von der Unterlippe gebildet, während die Kiefer (Fig. 83) in stechende Waffen verwandelt sind und als feste Anhänge von lanzett- oder spießförmiger Gestalt erscheinen, die durch die Anordnung ihrer Muskeln und ihre Einlenkung zu einer zweckmäßigen Bewegung befähigt sind. Wie wir schon oben bemerkt haben, werden sie, wie Stechfeilen, an einander auf- und abgeschoben. Die Unterlippe, die ihnen dabei als Stütze dient, concentrirt die Wirkung der einzelnen Theile auf einen bestimmten gemeinsamen Punkt. Die Form dieser Unterlippe ist die Form einer langen Rinne, deren Kanten die Kiefer umfassen, um oberhalb derselben sich zusammenzulegen. Auf solche Weise entsteht ein förmlicher Cylinder, der aber in der obern Medianlinie der Länge nach geschlitzt ist.

Fig. 82. Fig. 83.



Rüssel u. Kiefer der Singcicade.

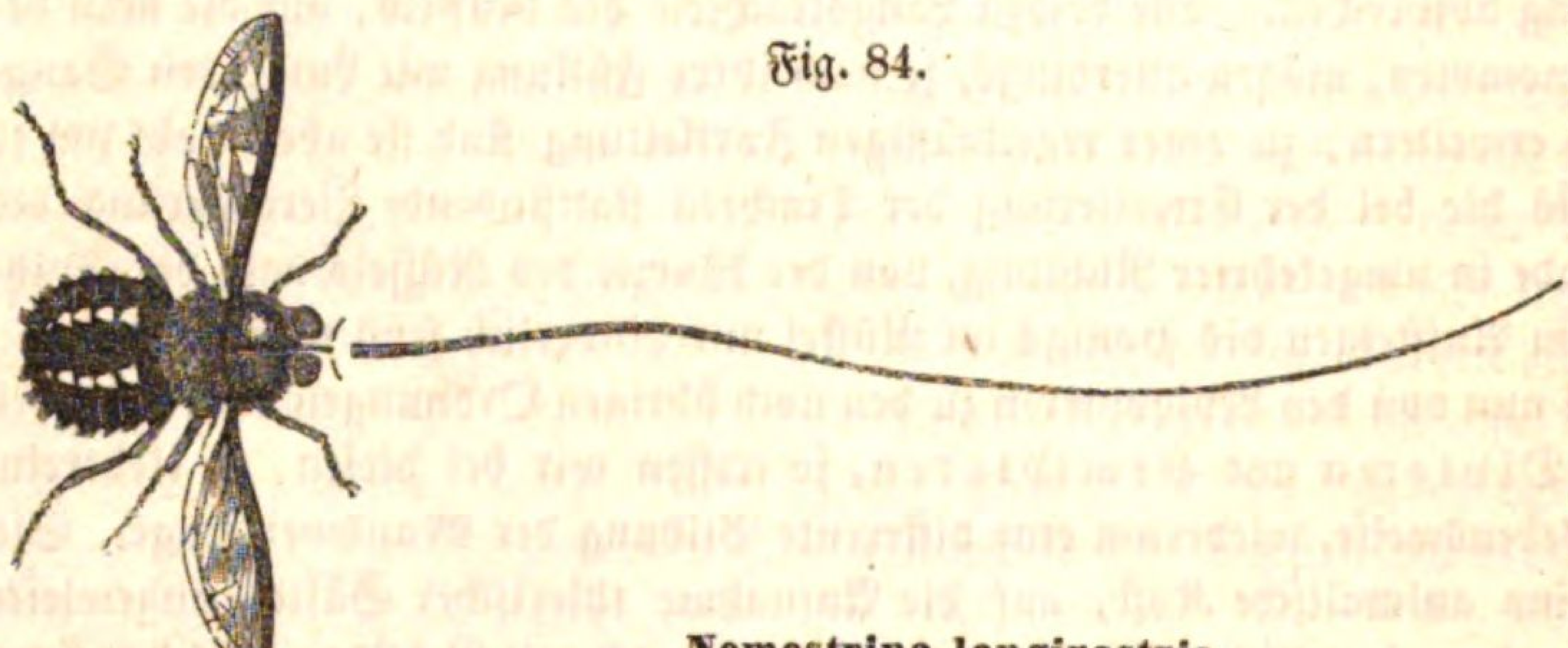
Nicht in allen Fällen ist übrigens die Umwandlung der Unterlippe in einen Saugkanal so vollständig, wie wir es eben dargestellt haben. Sehr häufig (besonders bei den Fliegen) bleibt die Unterlippe auf der vordern Fläche klaffend, so daß noch andere Theile zur Schließung des Saugkanales verwandt werden müssen, die Oberlippe, die Grundglieder der Maxillen (deren Laden allein in jene Waffen metamorphosirt sind) oder selbst die Kiefer. Die Oberlippe bildet in der Regel eine kleine häutige Klappe am Grunde des Rüssels. In einigen Fällen, z. B. bei den Mücken, wird sie aber auch in derselben Weise, wie die Kiefer, als stechende Waffe verwendet. Während die Zahl dieser Gebilde hierdurch wächst, kann dieselbe unter andern Umständen aber auch abnehmen, indem die oberen oder unteren Kiefer, oder selbst beide, verkümmern und schwinden, wie besonders bei vielen nur von Pflanzenkost sich ernährenden Dipteren. Werden bloße Pflanzensäfte genossen und zwar von der Fläche abgeschöpft, dann

ist der Rüssel gewöhnlich weich und häutig und am Ende mit einem kleinen zweizipfligen Saugnapf versehen (wie bei den Stubenfliegen), der eben sowohl zum Fühlen und Betasten, als auch beim Aufsetzen des Rüssels zum Abschließen der untern Oeffnung gegen die Luft dient. Unter anderen Umständen, und so auch namentlich bei den stechenden Dipteren und Hemipteren, ist der Rüssel dagegen fester, selbst mitunter hornig und zugespitzt. Der ganze Apparat wird dann beim Saugen eingesenkt.

Die Taster, die bei allen saugenden Insekten einen großen Theil ihrer functionellen Wichtigkeit eingebüßt haben, sind sehr rudimentär und häufig abwesend. Namentlich gilt dieses von den Wanzen und für die Lippentaster auch von den Fliegen.

Der Rüssel der Hemipteren ist in der Ruhe nach hinten umgeschlagen, auch gewöhnlich in mehrere Abschnitte gegliedert, die vielleicht den einzelnen Theilen der Unterlippe (Grundtheil, Körper, Laden) entsprechen. Bei den Dipteren dagegen ist der Rüssel meist gerade oder auch knieförmig nach vorn gebogen, sobald seine Länge bedeutender wird, wie z. B. in der hier abgebildeten Art.

Fig. 84.

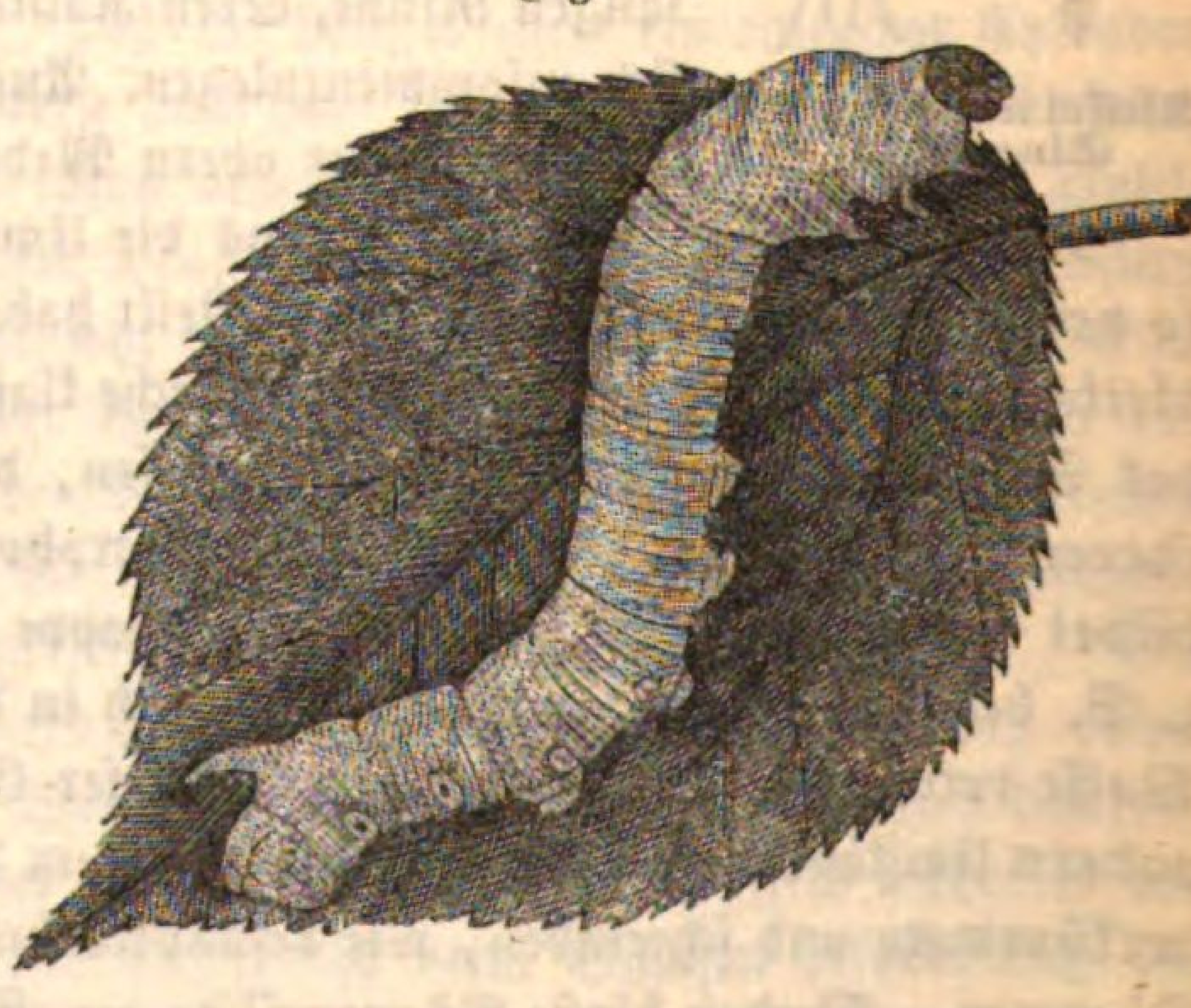


Nemestrina longirostris.

In der voranstehenden Betrachtung haben zunächst nur die ausgebildeten Insekten eine Berücksichtigung gefunden. Indessen gilt doch Vieles in gleicher Weise auch für die früheren Lebenszustände. So ist es namentlich bei den Insekten mit unvollkommener Metamorphose, die als Larven eigentlich nur durch den Mangel der Flügel von den ausgebildeten Thieren sich unterscheiden, in der Entwicklung der Beine und der davon abhängigen locomotorischen Fähigkeit aber vollkommen damit übereinstimmen. Daß die Abwesenheit des Flugvermögens nicht auffallender in der Gestaltung der Freßwerkzeuge und der Art der Nahrungsaufnahme sich ausspricht, hängt sicherlich damit zusammen, daß diese Geschöpfe auch im entwickelten Zustand keinen so ausgedehnten Gebrauch von ihren Flugapparaten machen, wie wohl andere Insekten, und derselben sich namentlich nicht so allgemein zum Aufsuchen der Nahrung bedienen. Interessant ist es jedenfalls in dieser Hinsicht, daß die einzige Gruppe dieser Insekten, die später fast ausschließlich durch den Flug sich fortbewegt und dadurch auch namentlich in den Besitz ihrer Beute kommt, die Gruppe der Libellen, im Jugendzustand, wie schon oben erwähnt wurde, eine merkwürdig entwickelte Unterlippe besitzt, welche einen geschickten Greifapparat bildet und gewissermaßen zum Ersatz für die mangelnde Flugbewegung dient.

Die Insekten mit vollständiger Metamorphose zeigen als Larven weit häufiger eine abweichende Anordnung der Mundwerkzeuge. So besonders die Schmetterlinge, Fliegen und Honigbienen, die ganz durchgehends in diesem Zustande mit Kauapparaten versehen sind. Die Nothwendigkeit dieser Verschiedenheit werden wir leicht durch eine Betrachtung der locomotorischen Apparate einsehen. Nicht bloß, daß diese Geschöpfe ohne Flügel sind; sie zeigen außerdem auch so rudimentäre

Fig. 85.



Raupe des Seidenspinners.

Beine, daß sie nur langsam und schleppend von einem Orte zum andern gelangen könnten. Sie würden sich auf diese Weise unmöglich in den Besitz einer hinreichenden Menge von flüssiger Nahrung setzen können, deren Erwerb ja ganz andere und größere Voraussetzungen macht, als der von festen Substanzen.

Wenn die Gangbeine dieser Larven in anderer Weise entwickelt wären, so würde dadurch schon immerhin eine andere Nahrung und eine andere Einrichtung der Freßwerkzeuge ermöglicht seyn. Unter solchen Verhältnissen könnten sie wenigstens vom Raube sich nähren, wie wir es bei einer Anzahl von Käferlarven sehen. Hier gibt es sogar einzelne, die nur von thierischen Flüssigkeiten sich erhalten, wie die Larven der Dytisciden, die sich als Wasserbewohner natürlich weit leichter bewegen können, als es sonst der Fall seyn würde. Sie tragen ein Paar große, spitze und gekrümmte, klauenartige Mandibeln, die sie in ihre Beute einschlagen, nicht bloß um dieselbe festzuhalten, sondern auch sie auszusaugen. Zu dem Zwecke sind die Mandibeln von einem Kanale durchsetzt, der an der Spitze durch eine enge Spalte sich öffnet und am hintern Ende mit dem Anfangstheile des Oesophagus zusammenhängt. Ein eigentlicher Mund fehlt. Die übrigen Mundtheile, die bei solcher Einrichtung überflüssig wurden, sind sehr verkümmert.

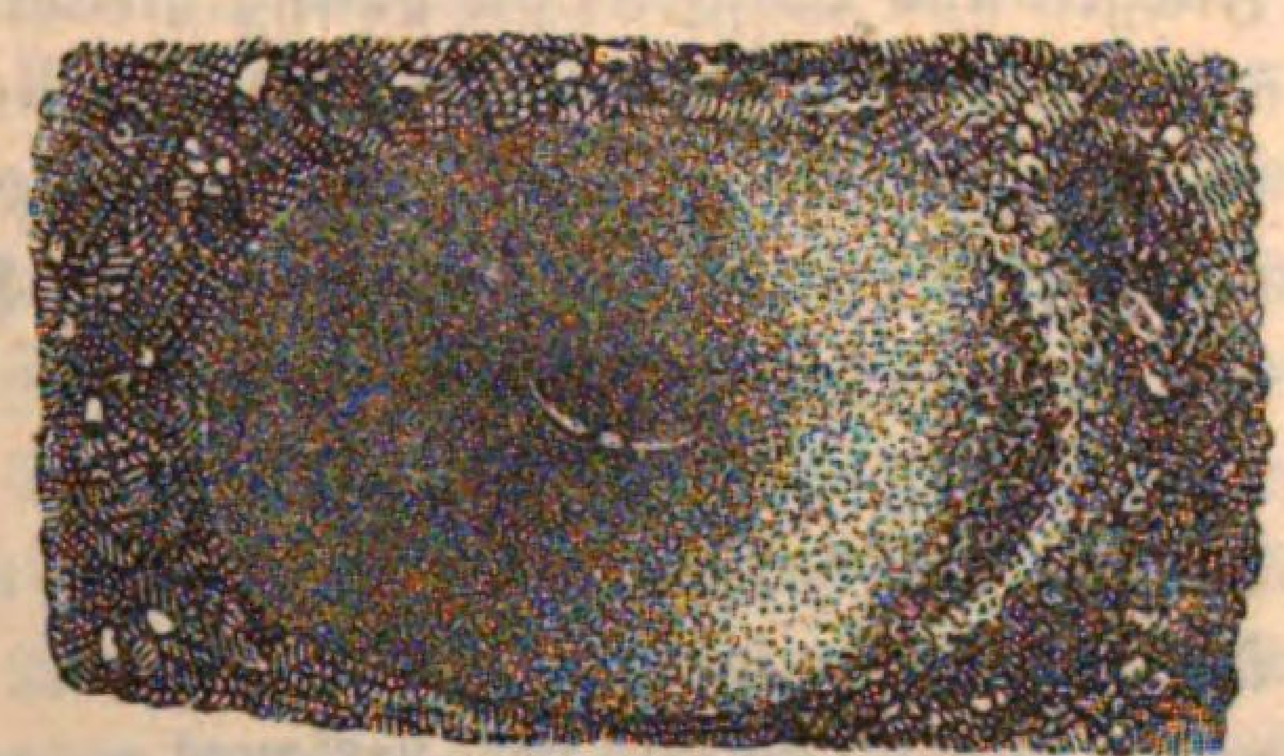
Ganz dieselbe Anordnung sehen wir auch bei den Larven von Myrmeleon, den sogenannten Ameisenlöwen, obgleich diese weit weniger beweglich sind. Was ihnen dadurch abgeht, wissen sie durch einen besondern Instinct zu ersetzen. Im lockern Sandboden graben sie trichterförmige Gruben, in deren Grunde sie sich verstecken. Sobald nun etwa eine Ameise oder dergl. sich dem Rande dieser Gruben nähert, wird diese mit einem Regen von feinem Sande begrüßt, so daß sie in die Höhle hineinfällt, wo sie die offenen Freßwerkzeuge der Larve in Empfang nehmen.

Fig. 86.



Ameisenlöwe.

Fig. 87.



Fanggrube der Ameisenlöwen.

Auch bei den pflanzenfressenden Larven der Insekten mit vollständiger Metamorphose ist es sehr gewöhnlich, daß die Mandibeln eine einfachere Bildung zeigen, namentlich weniger entwickelte Taster und Laden haben. Die ersteren sind meistens kürzer und aus einer geringern Anzahl von Gliedern zusammengesetzt, die letzteren zu konischen oder höckerförmigen Hervorragungen, den sog. Freßspitzen, umgestaltet. In anderen Fällen fehlen sie sogar vollkommen, wie bei den kopflosen Larven mancher Fliegen und den im Innern anderer Insekten schmarotzenden Ichneumonidenlarven.

Die letzteren besitzen überhaupt gar keine Freßwerkzeuge. Die Mundöffnung ist nackt, aber immer noch zum Schlürfen der Blutflüssigkeit, von der der ganze Körper umspült wird, hinreichend. Erst später, wenn diese Thiere zu ihrer weitern Entwicklung durch die Bedeckungen ihrer Wirthe sich durcharbeiten müssen, entwickeln sich zu diesem Zwecke zwei spitzige Mandibeln.

Auch die Mandibeln unserer gewöhnlichen Fliegenlarven sind zum Fressen und Kauen nur wenig geeignet. Von Nahrungsstoff in geeigneter Form überall umgeben, bedurften diese Geschöpfe keiner complicirten Apparate. Ihre Mandibeln sind zwei parallele Hornstäbchen, die am Ende gekrümmt erscheinen und wohl nur zum Anklammern (bei der Locomotion, der Nahrungsaufnahme u. s. w.) dienen.

Im Puppenzustand genießen die Insekten mit vollständiger Metamorphose keine Nahrung. Sie sind dann ohne Locomotionsvermögen, also auch ohne die Fähigkeit, sich Nahrung zu verschaffen. Die Freßwerkzeuge, die übrigens schon die späteren Formen zeigen, sind fest und bewegungslos, der Eingang in den Darmkanal verschlossen. Daß diese Geschöpfe

Fig. 88.



Puppe der Honigbiene.

trotzdem eine ziemliche Zeit in diesem Zustand leben können, rührt wohl einerseits von dem geringen Stoffverbrauch her (die Muskeln haben ja keine Bedürfnisse), dann aber auch daher, daß sie vor Eintritt dieses Schlafes sich mit einer hinreichenden Nahrung versehen. Es gibt auch einige ausgebildete Insekten, die ohne Mund und eigentliche Freßwerkzeuge sind. Diese leben aber nur wenige Tage, besonders da sie die ganze Lebenszeit dem Fortpflanzungsgeschäft widmen, einem Geschäfte, das in so hohem Maaße die verschiedensten Thätigkeiten des Körpers in Anspruch nimmt.

Die Arachniden unterscheiden sich, wie wir schon oben erwähnt haben, durch eine geringere Zahl der Mundtheile von den sechsfüßigen Insekten. Die Oberlippe ist bei ihnen durch eine eigene Entwicklung der Kiefer unnöthig geworden; sie ist verloren gegangen, während die Unterlippe mit ihren Tastern die Form und Bedeutung von Gehfüßen angenommen hat. Nur die beiden Kieferpaare sind als Mundwerkzeuge geblieben, für die Bedürfnisse der Spinnen aber völlig ausreichend.

Die größere Menge der Arachniden besteht aus Raubthieren, die sich in den vollständigen Besitz ihrer Beute zu setzen wissen. Nur die kleineren und schwächeren Arten (aus der Ordnung der Milben) müssen sich mit einer parasitischen Lebensweise begnügen.

In den letzteren zeigen die Mundtheile eine ähnliche Bildung, wie wir sie früher bei den Fliegen und Wanzen, die häufig gleichfalls schmarotzen, angetroffen haben. Die Aufgaben der Mundtheile sind ja in beiden Fällen dieselben. Die Oberkiefer bilden ein Paar dolch- oder messerförmiger Anhänge, zum Bohren oder Einstechen, und werden von den zu einer rinnenförmigen Scheide umgestalteten Körpern der beiden Unterkiefer umhüllt. Die Taster der Unterkiefer sind kleine gegliederte Anhänge. Anders ist die Bildung der Mundwerkzeuge bei den übrigen Arachniden, deren Lebensweise andere Leistungen verlangt. Die Oberkiefer sind hier zu kräftigen Greifapparaten geworden, während die Mandibeln, die ein Paar langer, fast beinartiger Taster tragen (man sehe die nebenstehende Abbildung der Winkelspinne), zwei kräftige Laden darstellen, welche sich seitlich gegen einander bewegen und die Beute zermalmen und ausquetschen. Die eigentlichen Spinnen, in denen der Charakter der Raubthiere am meisten hervortritt, besitzen in den zu Greifwerkzeugen verwandelten Oberkiefern zugleich sehr kräftige Waffen, die um so gefährlicher sind, als sie mit besonderen Giftdrüsen in Verbindung stehen.

Fig. 89.

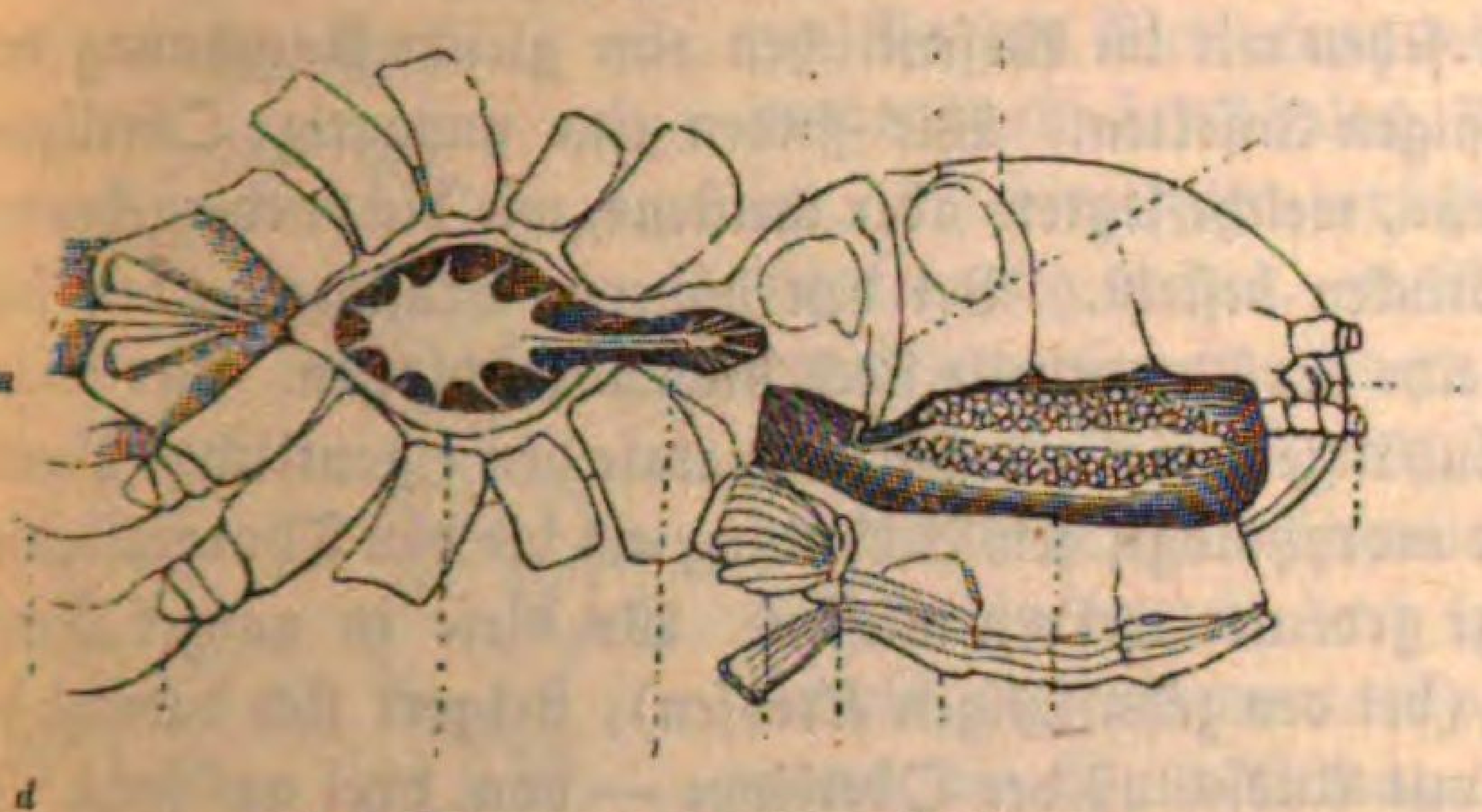


Winkelspinne, Tegenaria.

Die Oberkiefer bestehen hier aus zwei hinter einander gelegenen Gliedern, aus einem großen und starken Basalglied von cylindrischer oder konischer Form, und einem schmächtigen, klauenförmig gebogenen und scharfen Endglied, das sich (wie die Tibia bei den Raubfüßen der Insekten) gegen das Basalglied einschlagen kann (Fig. 90. m.). Mit diesen Klauenkiefern wird die Beute ergriffen, festgehalten, verwundet. Zum Zerkleinern sind dieselben

untauglich. — Die meisten übrigen Arachniden besitzen Scheerenkiefer, statt der Klauenkiefer. Das Endglied schlägt sich nicht mehr gegen das ganze vorherrschende Glied ein, sondern vielmehr gegen einen fingerförmigen Fortsatz desselben, der neben dem Endglied aufsitzt. Auf solche Weise ist ein jeder Kiefer in einen handförmigen Greifapparat verwandelt. Die Finger besitzen spitzige, scharfe und gezähnelte Schneiden, durch die sie wohl hie und da zu einer gröbern Zerstückelung der Beute befähigt werden mögen. Bei dieser Umformung der Mandibeln in Scheerenkiefer wird nun aber der eigentlich wirksame Theil (die Finger) eine Strecke vor der Mundöffnung gelegen seyn müssen. Damit hieraus indessen kein Nachtheil für die Ueberführung der Nahrung in den Mund entstehe, sind die Scheerenkiefer sehr beweglich, indem sich an ihrer Basis noch ein besonderes Glied, auf dem sie articuliren, entwickelt hat.

Fig. 90.



Zur Anatomie der Vogelspinne.
m Klauenkiefer; *d* fußähnlicher Maxillartaster.

Als einzige Greifapparate würden die kurzen Scheerenkiefer übrigens nicht in allen Fällen für den Fang ausreichen, um so weniger, als die mit ihnen versehenen Arachniden weder Netze aufstellen, wie die eigentlichen Spinnen, noch auch so vortreffliche Läufer sind, wie die sechsfüßigen Raubinsekten. Um diesem Mangel abzuhelfen, tragen die Unterkiefertaster an ihrem Ende sehr häufig eben solche scheerenförmige Fangapparate, wie wir sie in den Oberkiefern kennen gelernt haben; Apparate, die wegen der Länge und Beweglichkeit der gegliederten Taster natürlich von großer Brauchbarkeit seyn werden. Die Körper der Maxillen sind überall ein Paar ladenartiger Fortsätze zu den Seiten der Mundöffnung, die sich, wie die Kiefer der Hexapoden, scheerenförmig gegen einander bewegen und mit ihren inneren auf einander passenden Flächen die Nahrungsmittel zermalmen, so daß durch die Saugbewegungen des Oesophagus die flüssigen Säfte daraus aufgenommen werden können.

Es gibt übrigens auch einige Spinnen, die in gleicher Weise feste Substanzen genießen. So namentlich unter den Milben, von denen manche sogar eine vegetabilische Speise aufnehmen. Hier sind dann die Körper der Unterkiefer von ansehnlicher Größe, scharf schneidend und gezähnelt.

Vergleichen wir diese Mundtheile der Spinnen mit denen der Myriapoden, die eine eigene Klasse der Gliederfüßler bilden müssen, so sehen wir insofern eine Uebereinstimmung, als auch bei den letzteren die Unterlippe durch übermäßige Entwicklung des Tasters zu einem Beinpaar geworden ist, obgleich die Metamorphose nicht ganz so vollständig stattgefunden hat und die physiologische Verwendung namentlich noch sehr an die Taster erinnert. Darin aber findet sich ein Unterschied, daß Oberkiefer und Unterkiefer zum Kauen eingerichtet sind, wie bei der Mehrzahl der Insekten. Dieser letztere Umstand macht auch wiederum die Anwesenheit einer Oberlippe nothwendig, damit die Bissen bei der Behandlung zwischen den Kiefern nicht ausgleite. Aus demselben Grunde hat bei den sog. Chilognathen, die von modernden thierischen und pflanzlichen Stoffen sich nähren, eine Verwachsung zwischen den Körpern der beiden Unterkiefer stattgefunden, so daß dadurch eine Art Unterlippe gebildet wird.

Daß diese Umbildung bei den übrigen Tausendfüßlern, den sog. Chilopoden, nicht in gleichem Maaße eingetreten ist, hängt wohl mit anderweitigen Organisationsverhältnissen zusammen. Die vorderen Thoracalbeine, die einen mächtigen Greifapparat bilden, ersetzen hier mit ihren zu einer unpaaren, nach vorn gerichteten Platte verschmolzenen Grundgliedern den Mangel einer eigentlichen Unterlippe, während die Unterkiefer dadurch Gelegenheit bekom=

men, mit ihren Körpern sich in einen accessorischen Kauapparat zu verwandeln. Die Chilopoden führen eine räuberische Lebensweise, für die jener Greifapparat ganz nothwendig ist, da die Oberkiefer nach ihrem Bau nur für das Zerkleinern der Speise sich eignen.

In der Klasse der Crustaceen sehen wir im Wesentlichen eine gleiche Anordnung der Freßwerkzeuge, wie bei den sechsfüßigen Insekten. Wir finden eine unpaarige Oberlippe, zwei Paare Kiefer und eine Unterlippe, welche letztere aber meistens, wie die vorhergehenden Unterkiefer, aus zwei getrennten Stücken besteht. Bei den höheren Crustaceen, den sog. Malacostraken, ist aber damit die Reihe der Mundtheile noch nicht abgeschlossen. Hier folgen nach hinten noch andere paarige Anhänge, die als Hülfsapparate den eigentlichen Mundtheilen beigesellt sind und nach ihrer morphologischen Bedeutung als die den Thoracalbeinen der Insekten entsprechenden Anhänge gedeutet werden müssen. Wo diese in ganzer Menge in solche Beikiefer sich umwandeln (bei den zehnfüßigen Krebsen), steigert sich dadurch die Zahl der paarigen Mundorgane — mit Ausschluß der Oberlippe — von drei auf sechs. In anderen Fällen ist aber auch nur das erste Paar der Thoracalbeine in dieser Weise verändert. Die Möglichkeit einer solchen Metamorphose, durch welche die Behandlung und Aufnahme der Nahrung unstreitig sehr erleichtert wird, ist dadurch gegeben, daß die Krebse nicht bloß (wie die bisher betrachteten Arthropoden) an Kopf und Thorax Segmentanhänge tragen, sondern auch an den übrigen Ringen des Leibes, die, bei einer anderweitigen Verwendung der Thoracalanhänge, dann als Locomotionsorgane suppliren konnten. Es zeigen übrigens keineswegs alle Crustaceen eine derartige Vermehrung der Mundtheile. Die niederen Formen derselben, die sog. Entomostraken, besitzen keine größere Anzahl, als die Insekten; ja einige derselben entbehren sogar der Unterlippe.

Die Crustaceen nähren sich sehr allgemein von animalischer Substanz. Nur einige wenige, wie unsere Kellerassel, genießen auch wohl pflanzliche Stoffe. Bald sind es thierische Leichen, die sie zum Zwecke der Nahrungsaufnahme besuchen, bald rauben sie ihre Beute, bald auch, wenn sie zu letzterem Geschäft zu klein, zu schwach und zu wenig vortheilhaft organisirt sind, führen sie eine parasitische Lebensweise. Die parasitischen Krebse vertreten bei den Wasserbewohnern die Stelle der parasitischen Insekten, die sich wegen der Anordnung der Athmungsapparate auf die Landthiere beschränken müssen.

Von den wirklichen Parasitenformen der Crustaceen müssen wir übrigens sehr wohl diejenigen Arten unterscheiden, die nur den Aufenthalt, nicht aber die Nahrung derselben theilen, die auf der Haut von anderen Thieren leben, jedoch ohne direkt daraus ihre Nahrung zu ziehen. Die echten Parasiten ernähren sich von den Säften ihrer Wirthe. Sie besitzen zu diesem Zwecke eine besondere Einrichtung ihrer Mundtheile, die mehr oder minder vollkommen den Typus der Saugorgane bei den Hexapoden wiederholt. — Die Freßwerkzeuge der übrigen Krebse dagegen stimmen weit mehr mit den entsprechenden Gebilden der kauenden Insekten überein. Sie dienen, wie diese, vornehmlich zur mechanischen Zerkleinerung der Speise und zum Einführen in den Darmkanal. Als Greifapparate sind die eigentlichen Mundtheile niemals verwandt worden. Wo solche nöthig waren, da sind sie durch eine Umformung der vorderen Beine, seltener schon der Beikiefer (bei Squilla), in scheeren- oder klauentragende Anhänge entstanden.

Fig. 91.

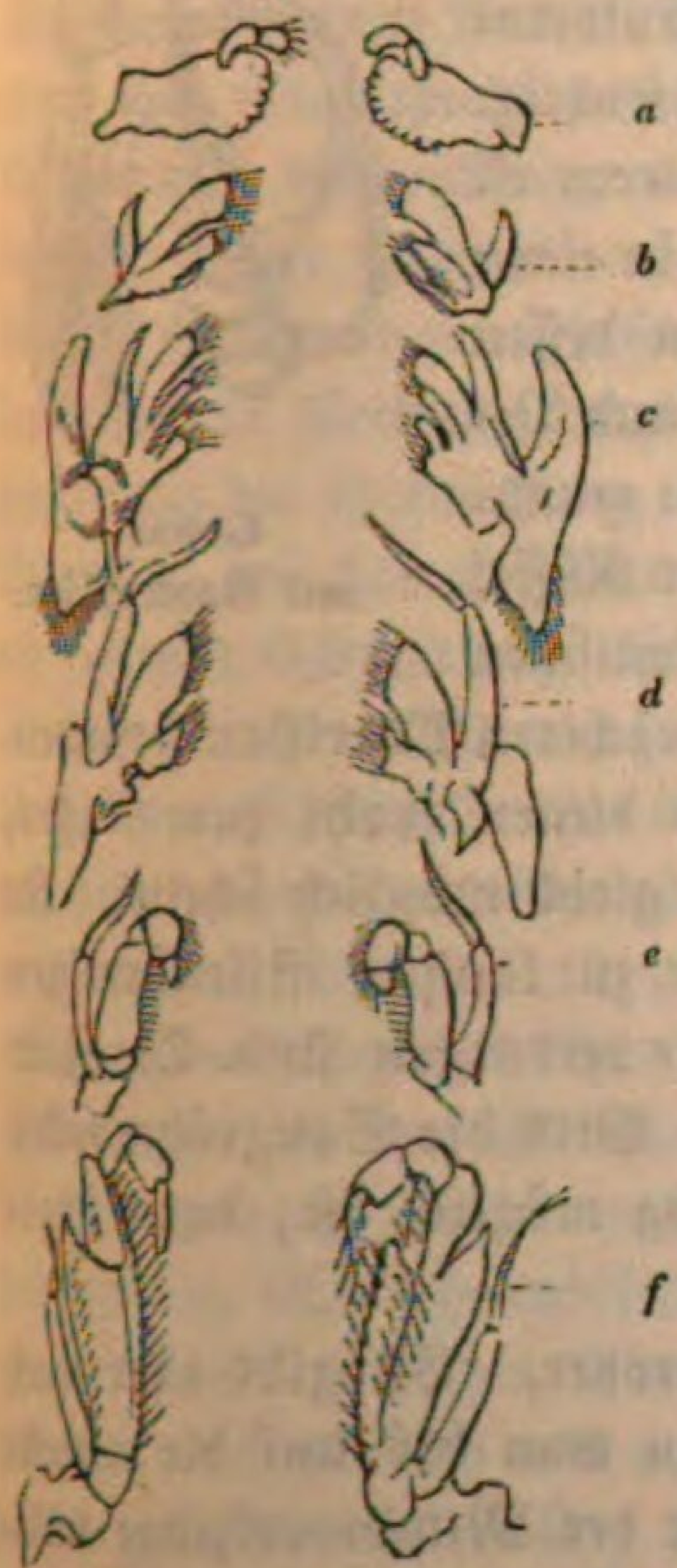


Telephusa.

Daher kommt es, daß bei allen Crustaceen die Form der Oberkiefer so ziemlich dieselbe ist. Sie erinnert an die omnivoren Insekten. Ein Paar solider, kurzer und dicker Anhänge, bewegen sie sich gegen einander und zeigen ansehnliche mit Körnern und Zähnen besetzte Kauflächen.

Die folgenden Kiefer sind schwächer und aus mehreren Stücken zusammengesetzt. Die inneren ladenartigen Stücke besitzen schneidende Ränder, durch die sie zu wichtigen Hülfsapparaten der Kauwerkzeuge werden.

Fig. 92.



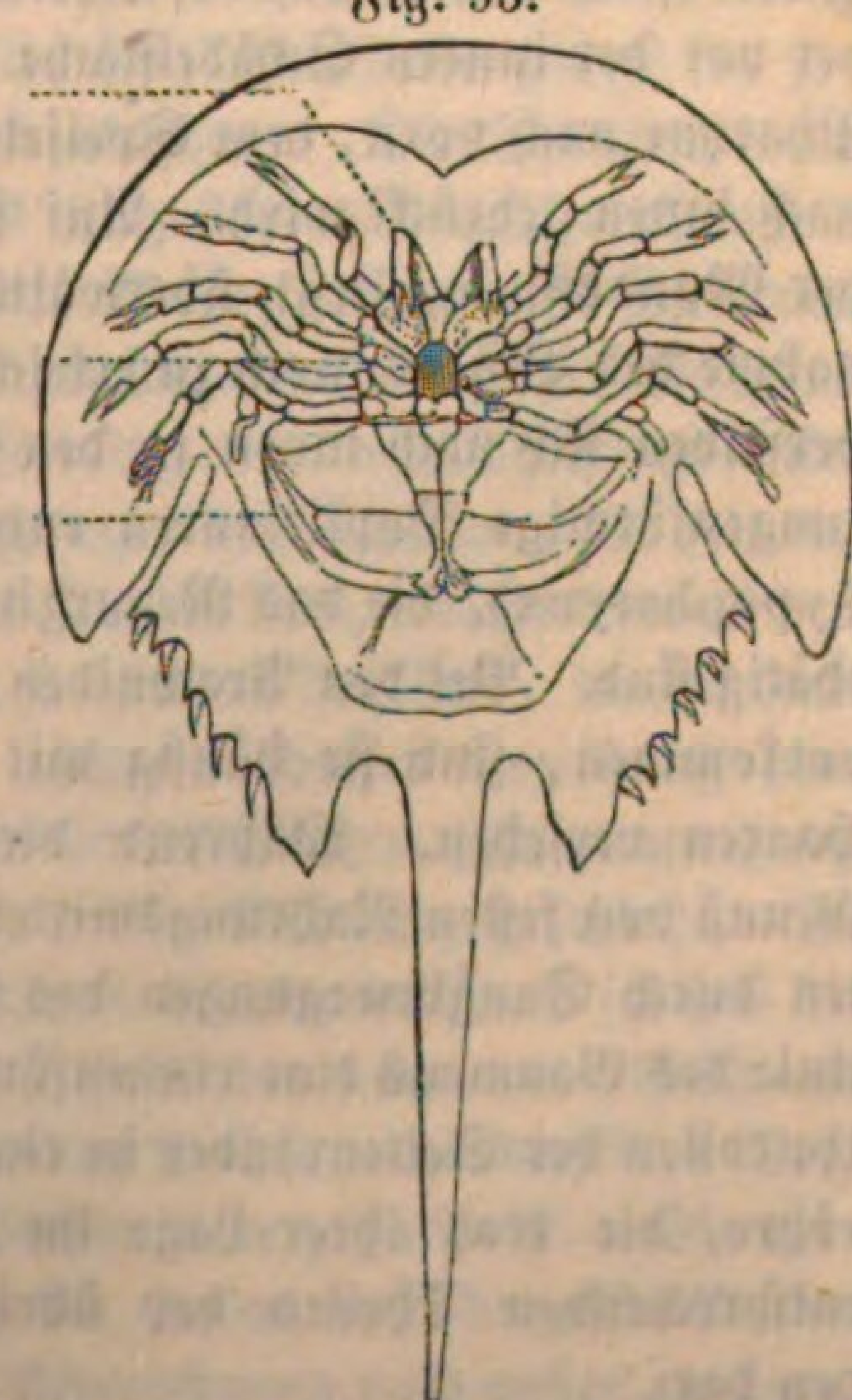
Mundtheile des Flußkrebses.

a Oberkieferpaar. b Unterkieferpaar. c Zweites Unterkieferpaar. d–f drei Paare Beikiefer (Beine der Hexapoden).

An den Beikiefern wird die Form noch complicirter und immer mehr beinähnlich, besonders bei den zehnfüßigen Krebsen, bis die letzten derselben, welche die übrigen Mundtheile maskenartig decken, ein Paar förmlicher Beine mit platten ladenartigen Grundgliedern darstellen. Diese letzten Beikiefer bilden mit ihren Grundgliedern, deren innere Ränder einander berühren, eine förmliche Unterlippe. Sie sind allerdings vollständig doppelt, doch solches mag theils mit ihrer Größenentwicklung zusammenhängen, die keine Verwachsung zuließ, wenn die Mundöffnung dadurch nicht unzugänglich werden sollte, theils auch noch mit anderen functionellen Leistungen. So sehen wir in ihnen bei den zehnfüßigen Krebsen sehr wichtige Apparate zum Abtrennen des Bissens. Soll dieses geschehen, so weichen sie durch eine Achsendrehung, gleich den Flügeln einer Thür, auseinander, um den Weg zur Mundöffnung zu bahnen und beim Schließen durch die scharfe Schneide ihrer inneren Ränder den Bissen abzutrennen. Während dann die übrigen Kiefer denselben bearbeiten, bleiben die äußeren Beikiefer geschlossen, damit der Bissen nicht ausgleite.

Bei Squilla, wo die Beikiefer in Fangorgane verwandelt sind, findet sich eine ganz ähnliche Anordnung an dem vorhergehenden letzten Kieferpaare. Offenbar hängt diese Bildung damit zusammen, daß die höheren Krebse von größeren Thieren sich nähren, die nicht auf einem Male zwischen den Kiefern bearbeitet werden können, sondern erst vorher der Zerstückelung bedürfen. Wo dieses nicht nöthig ist, da schließt sich die Bildung der Freßwerkzeuge noch weit mehr an die der Hexapoden an, namentlich auch durch die Entwicklung einer förmlichen Unterlippe, die dann entweder dem gleichnamigen Theile der Insekten, oder (bei den Flohkrebsen u. a.) den ersten Thoracalanhängen derselben entspricht.

Fig. 93.



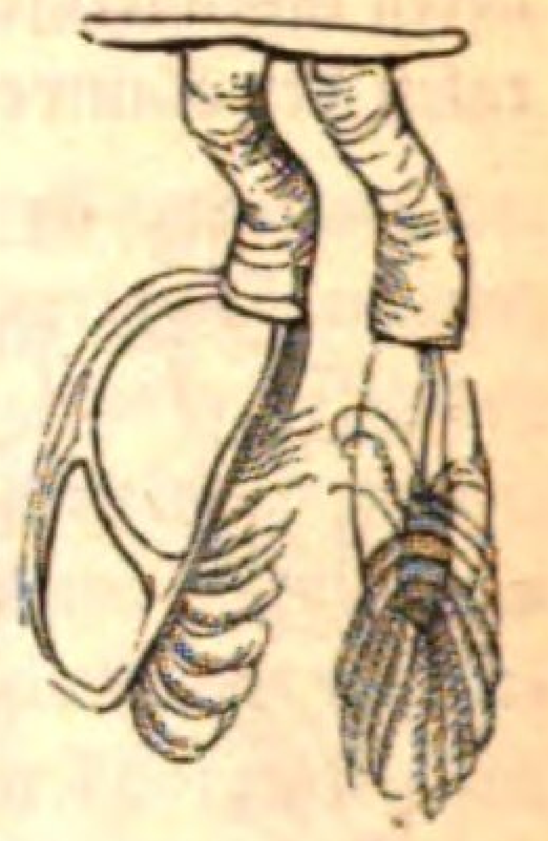
Limulus.

Wir haben bisher die Taster der Crustaceen außer Acht gelassen, weil wir namentlich bei den höheren Arten mancherlei Verschiedenheiten an denselben wahrnahmen, ohne dieselben physiologisch erklären zu können. Taster in der gewöhnlichen Form sehen wir dort eigentlich nur an den Oberkiefern, wo sie sonst fehlen; ein Umstand, der vielleicht mit der Entwicklung der Oberlippe, die einen bloßen Fortsatz des Kopfskelets darstellt, zusammenhängen möchte.

Eine sehr sonderbare und abweichende Anordnung der Freßwerkzeuge findet sich bei Limulus, wo eigentliche Kiefer vollkommen fehlen und statt ihrer die mit ansehnlichen Dornen versehenen Coralglieder der den Mund kranzförmig umgebenden Scheerenfüße zum Kauen dienen.

In den festsitzenden Cirripedien sind die Freßwerk-

Fig. 94.



Lepas, mit Rankenfüßen.

zeuge in gewöhnlicher Form vorhanden, die Beine dagegen gleichfalls bei der Nahrungsaufnahme thätig. Sie erscheinen als rankenförmige Strudelorgane, die durch ihre Bewegungen eine beständige Strömung im Wasser unterhalten und den Mundorganen dadurch Nahrung zuführen. In ähnlicher Weise sind auch bei vielen frei lebenden Entomostraken die Schwimmfüße für den Proceß der Nahrungsaufnahme wichtig.

Die Bildung des Saugrüssels bei den parasitischen Crustaceen ist durch eine Metamorphose der Oberlippe bedingt. Sie hat sich in einen kürzern oder längern schnabelförmigen Fortsatz ausgezogen, in dessen Innerem die Kiefer gelegen sind. Bei den weiblichen Lernäen und Penellinen, die der Extremitäten entbehren und mit dem vordern mundtragenden Körperende an ihren Wirthen festhängen, hat dieser Rüssel nur eine sehr geringe Länge und die Form eines niedrigen konischen Aufsatzes im Umkreis der Kiefer, die aus Mandibeln und schwächeren Maxillen bestehen. Beide sind nach ihrem Bau zu Kaubewegungen geschickt und dienen wohl zum Nagen, so daß die Aufnahme von festen Substanzen, wie von flüssigen gleich möglich scheint. In den meisten übrigen Siphonostomen sind dagegen die Kiefer zu langen stiletförmigen Gräten geworden, welche in einer entsprechend langen Saugröhre verborgen sind. Die Zahl derselben beträgt bald vier, bald zwei, wenn die Maxillen fehlen. Wird die Saugröhre selbst als Angriffswaffe benutzt, wie es bei einer passenden Einrichtung möglich ist, dann scheinen bisweilen auch die Mandibeln abwesend zu seyn.

Die bisher betrachteten Siphonostomen sind äußere Schmarotzer. Es gibt aber auch einen innern hieher gehörenden Schmarotzer, Pentastomum, den man bis auf die neueste Zeit als einen Eingeweidewurm betrachtet hat. Dieser entbehrt der Mundwerkzeuge vollkommen. Er bedarf aber auch bei seinem Aufenthalte in den Respirationsorganen der luftathmenden Wirbelthiere keiner scharfen Waffe, um sich den Zugang zu den Blutgefäßen zu bahnen, die sich in großer Menge an jenen Theilen verbreiten. — Die Mundöffnung der Arthropoden führt überall sogleich in den Anfangstheil des Darmkanales. Bei den Arthropoden ohne Saugröhre bildet dieser eine kleine nach hinten verengte trichterförmige Erweiterung, eine Art Pharynx, der einen Schluckapparat darstellt. Zu diesem Zweck ist er mit einem besondern paarigen Muskel versehen, einem protractor pharyngis, der vor der innern Schädelfläche entspringt. Bei der Contraction zieht dieser Muskel den Pharynx nach vorn, dem Speiseballen entgegen, der durch die Action der Mundwerkzeuge nach innen gedrückt wird. Auf solche Weise wird der Spincter pharyngis, der dicht hinter der Mundöffnung liegt, überwältigt; der Bissen gelangt in den Oesophagus. Um die Aufnahme des Bissens noch zu erleichtern, sind an der Basis der Lippen, wo die Chitinhaut derselben sich nach innen in den Pharynx und weiter fortsetzt, nicht selten noch besondere zungenförmige Duplicaturen entwickelt (an der Oberlippe epipharynx, an der Unterlippe hypopharynx), die das Regurgitiren verhindern und vielleicht auch noch in anderer Weise thätig sind. Bei den Arachniden, wo ähnliche Duplicaturen im Umkreis der Mundöffnung vorkommen, sind sie häufig mit besonderen hornigen Leisten und rückwärts gekrümmten Haaren versehen. Während diese Anordnung des Pharynx bei den Spinnen auf den Genuß von festen Nahrungsmitteln hinweist, ist aber auch für die Aufnahme von Flüssigkeiten durch Saugbewegungen des Oesophagus gesorgt. Es verläuft nämlich in der Mittellinie des Gaumens eine rinnenförmige Leiste, die bis zum Oesophagus führt und sich durch Umrollen der Seitenränder in einen vollständigen Kanal verwandeln kann, in eine Saugröhre, die trotz ihrer Lage im Innern und ihrer abweichenden Bildung functionell den entsprechenden Theilen der übrigen saugenden Arthropoden an die Seite gesetzt werden darf.

Noch bevor übrigens die Schluckbewegungen des Oesophagus beginnen, erfolgt eine

Einspeichelung des Bissens durch das Secret der Speicheldrüsen, deren Ausführungsgänge sich überall dicht hinter den Kiefern öffnen. Die Wirkung des Speichels ist wohl vornehmlich eine chemische, wie schon oben bei den Wirbelthieren erwähnt wurde. Sie vermittelt die Umwandlung des Stärkemehls in Zucker. Aber auch die fleischfressenden Arthropoden (mit Ausschluß der Crustaceen), so wie die saugenden Arthropoden, deren Nahrung kein Stärkemehl enthält, besitzen Speicheldrüsen, wenn gleich in sehr viel geringerer Größe und Entwicklung als die Pflanzenfresser, so daß man sie bei oberflächlicher Untersuchung leicht vermißt. Hieraus folgt, daß der Speichel auch noch anderweitige Aufgaben habe. So dient er wahrscheinlich dazu, die Biegsamkeit der harten Mundorgane zu erhalten und jede Reibung möglichst zu verhüten. Auch influiren gewiß noch mancherlei Nebenzwecke auf die Entwicklung der Speicheldrüsen. So läßt uns die mächtige Größe dieser Apparate bei den Hemipteren vermuthen, daß sie hier als Giftdrüsen auftreten, um durch die reizende Einwirkung ihres Secretes einen vermehrten Blutandrang nach der von den Kiefern gebohrten Wunde zu veranlassen. Aus demselben Grunde erklärt sich die ansehnliche Größe der Speicheldrüsen bei den Zecken, während bei den ächten Spinnen und Scorpionen, die mit besonderen Giftdrüsen an anderen Theilen des Körpers versehen sind, die Entwicklung der Speicheldrüsen wiederum sehr gering seyn konnte. Sehr auffallend ist die Bildung der Speicheldrüsen bei den räuberischen Panorpiden. In den weiblichen Individuen sind sie zwei kleine Bläschen, bei den Männchen dagegen sechs lange und starke Schläuche, die den ganzen Darm umspinnen. Durch welche specielle Leistungen solche Anordnung bedingt sey, ist noch unbekannt, jedoch läßt sich die Vermuthung einer speciellen Beziehung zu dem geschlechtlichen Leben nicht unterdrücken. Bei den Crustaceen fehlen die Speicheldrüsen. Allerdings will man sie bei einigen dieser Thiere gefunden haben, indessen sind die dafür gehaltenen Gebilde, die am Anfange des Magens einmünden, gewiß nichts Anderes, als Theile der Leber. Den Grund dieses Mangels werden wir wohl in der Lebensweise der Crustaceen zu suchen haben, da ja ein Aufenthalt im Wasser, wie wir schon früher sahen, den fleischfressenden Thieren die Speicheldrüsen entbehrlich macht.

Die Grundform der Speicheldrüsen ist die Form eines einfachen, blindgeendigten Schlauches. Solche finden sich denn auch sehr häufig, während in anderen Fällen, wo eine größere Menge von Speichel verlangt wird, eine einfache Vergrößerung des Schlauches jedoch aus räumlichen Rücksichten nicht zulässig seyn mochte, durch eine fortschreitende Verästelung am Ende eine viel complicirtere Anordnung erzielt ist. Alle möglichen Uebergänge bis zur Form einer vollständigen conglomerirten Drüse lassen sich beobachten. Die Speicheldrüsen sind paarige Gebilde, wie bei den Wirbelthieren, auch öfters in größerer Anzahl vorhanden. Nur bei den Araneen bilden sie eine gemeinschaftliche unpaare Masse oberhalb des Pharynx, die durch eine mediane Spalte einmündet. Die Ausführungsgänge verbinden sich übrigens auch sonst schon öfters in größerer oder geringerer Entfernung vor der Mündungsstelle.

Ist der Bissen eingespeichelt und durch die Schluckbewegungen des Pharynx der fernern Bearbeitung der Mundorgane entzogen, so gelangt er in die Speiseröhre, welche überall den ersten Hauptabschnitt des Darmkanales bildet. Bei den saugenden Insekten, denen (mit Ausnahme der Honigbienen und Araneen, die wir schon früher in dieser Beziehung hinreichend gewürdigt haben) ein Pharynx fehlt, ist dieselbe in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Centralkanale des Rüssels, durch den die Aufnahme der Nahrung geschieht. In continuirlichem Strome tritt hier die Speise in den Oesophagus hinein, während solches bei den kauenden Insekten nur absatzweise, in einzelnen Bissen, geschehen kann. — Während des Durchganges durch den Darmkanal erleidet die Speise bei den Arthropoden dieselben Veränderungen, deren schon oben bei der Verdauung der Wirbelthiere gedacht ist. Sie verwandelt sich in einen Chymus, aus dem nach den Gesetzen der Endosmose die assimilablen Substanzen abgeschieden werden. Der Rest wird durch die Afteröffnung nach außen entfernt.

Der After liegt fast ganz constant in der Hinterleibsspitze des Körpers. Nur sehr wenige

Crustaceen machen hiervon eine Ausnahme, wie namentlich die Cirripedien, wo derselbe, unstreitig wegen der engen Räumlichkeit der Postabdomen (die durch andere Rücksichten gefordert seyn mag), bis an die Basis dieses letzten Körperabschnittes emporgerückt ist. In einzelnen Fällen fehlt auch der After, doch überall nur während des Larvenzustandes (wie namentlich bei den Hymenopteren) und auch hier vielleicht nur in der ersten Zeit des Lebens. Der Darmkanal besitzt dann nur eine einzige äußere Oeffnung, den Mund, der gleichmäßig wie zur Aufnahme der Speise, so auch zur Entleerung des Kothes benutzt wird. Zur richtigen Würdigung dieser Anordnung, die auf den ersten Blick sehr abweichend und dem typischen Bau der Arthropoden fremd erscheint, muß man daran sich erinnern, daß ursprünglich überall der After fehlt, daß der Darm sich selbstständig entwickelt und erst späterhin die Bildung des Mundes, noch später die des Afters geschieht. Wo also letzterer, wie in den oben erwähnten Fällen, fehlt, ist bloß eine Anordnung über die Grenzen des fötalen Lebens hinaus beibehalten, die in der ersten Zeit ganz allgemein vorkommt. Eine andere Bedeutung hat es, wenn während des Puppenzustandes bei den Insekten mit vollkommener Metamorphose nicht bloß der After, sondern auch die Mundöffnung vermißt wird. Hier hat eine spätere Verwachsung stattgefunden, eine Verschließung von Oeffnungen, die früher vorhanden waren, die aber jetzt, wo das Insekt, unfähig zu locomotorischen Bewegungen und zur Aufnahme von Nahrungsmitteln, ruhet, ohne weitern Nachtheil aus der Reihe der für die Unterhaltung des Lebens nothwendigen Gebilde herausfallen konnten. Ein Gleiches gilt von den wenigen ausgebildeten Insekten, deren wir oben erwähnt haben, die wegen der Verkümmerung ihrer Mundorgane gleichfalls keine Nahrung genießen.

In den allermeisten Fällen ist der Darmkanal bei den Arthropoden zwischen Mund und After ganz gerade ausgespannt. Ohne alle Windungen erstreckt er sich dann von dem Vorderende des Körpers hinab bis zur Hinterleibsspitze. Es ist fast allein die Klasse der Hexapoden, die hiervon Ausnahmen darbietet, und zwar sehr zahlreiche, die uns um so mehr auffallen müssen, als es bisher noch nicht gelungen ist, ein bestimmtes Gesetz dafür aufzufinden. Es läßt sich freilich nicht verkennen, daß es besonders die Pflanzenfresser sind, die durch eine größere Länge des Darmkanales, der dann in zahlreiche Windungen gelegt ist, sich auszeichnen (wie wir in ähnlicher Weise es schon oben bei den Wirbelthieren gesehen haben), doch gibt es auch viele Raubinsekten mit gleicher Länge des Darmes (wie z. B. die Hemipteren, auch die Raubkäfer u. s. w. beweisen), während andere (wie die Raupen und Orthopteren) umgekehrt trotz der vegetabilischen Nahrung, die sie genießen, einen ganz geraden Darmkanal besitzen. In dem letztern Falle indessen, so scheint es, ersetzt eine größere Weite die fehlende Länge, wie man u. a. auch sehr deutlich sehen kann, wenn man den kurzen und gestreckten Darmkanal der Raupen bei Schmetterlingen und Hymenopteren mit dem langen und gewundenen Darme der entsprechenden ausgebildeten Insekten vergleicht. Ueberdieß ist es bekannt, daß gerade diese Insekten durch ihre große Kapacität vor allen anderen sich auszeichnen. Durch eine große Menge von Nahrung müssen sie ersetzen, was ihnen durch eine unvollkommene Ausnutzung derselben verloren geht.

Unter solchen Umständen möchte es denn auch im Allgemeinen für die Arthropoden gelten, was schon oben erwähnt wurde, daß die Pflanzenkost eine größere Capacität des Darmkanals verlange als die animalische Speise, unstreitig deßhalb, weil die letztere in einer bestimmten Quantität eine beträchtlichere Menge assimilirbarer Stoffe enthält, als die vegetabilische Substanz. Wo nun aber bei einer thierischen Nahrung die größere Länge des Darmes die Aufnahme einer beträchtlicheren Menge von Speise gestattet, da müssen wir vermuthen, daß solche auch bei der gegebenen Lebensweise nothwendig sey, daß namentlich die größere Energie der einen oder andern Thätigkeit einen raschern Verbrauch der Körpersubstanz und damit zugleich einen beträchtlichern Ersatz bedinge. Daß solche Verhältnisse in Wirklichkeit hier in's Spiel kommen, wird bald einleuchten, sobald man z. B. nur die locomotorischen Leistungen eines Raubkäfers mit denen eines Krebses

zusammenhält. Schon die einfachste Bewegung auf dem Trockenen verlangt eine größere Kraftanstrengung, als eine entsprechende Bewegung im Wasser.

Ueberdieß sind noch mancherlei andere Umstände zu berücksichtigen, die in dem einzelnen speciellen Falle gleich maaßgebend sind. Nicht überall und zu jeder Zeit ist eine bestimmte Nahrung, wie sie dieses oder jenes Geschöpf verlangt, vorhanden. Gerade bei den fleischfressenden Thieren ist der Zufluß der Nahrung den größten Fluctuationen unterworfen. Wenn nun auch manche Thiere in ihrer Organisation die Mittel haben, solche ungünstige Verhältnisse mehr oder minder zu eliminiren (unter den Arthropoden z. B. die Spinnen durch ihre Kunsttriebe), so gilt doch dieses nicht für alle in gleichem Maaße, und da ist es dann gewiß ganz erwünscht, wenn der Bau des Darmkanales es möglich macht, eine ganz ansehnliche Quantität von Nahrung auf einem Male einzunehmen. Jedenfalls darf man wohl vermuthen, daß die oben erwähnten Abweichungen, selbst wenn sie anfänglich ganz ohne Berechtigung erscheinen, doch wohl überall durch bestimmte, wenn gleich manchfach abweichende Momente der Organisation und Lebenserscheinungen verlangt werden.

Die Anordung der Mundorgane hat für die Entwicklung des Darmes nur geringe Bedeutung. Sie bezieht sich, wie wir gezeigt haben, mehr auf die Form und das Vorkommen der Nahrung, während für den Bau des Darmkanales besonders die Beschaffenheit derselben, die chemische Zusammensetzung, von Einfluß ist.

Im Allgemeinen zerfällt der Darmkanal der Arthropoden nach Anordnung und Bau in drei hinter einander gelegene Partieen, von denen die mittlere, der sog. Magen, als Hauptsitz der Verdauung und Chylification, der wichtigste ist. Mit dem gleichnamigen Abschnitt am Darme der Wirbelthiere kann er nicht verglichen werden, weil in diesem wohl nur allein die Verdauung, nicht aber auch zugleich die Bereitung und Resorption des Chylus vor sich geht. Das letztere geschieht bei den Wirbelthieren, wie wir gesehen haben, hauptsächlich im Dünndarme. Wollen wir also den Magen der Arthropoden nach seiner physiologischen Bedeutung mit einem Abschnitte aus dem Darmkanal der Wirbelthiere parallelisiren, so finden wir hier seine Aequivalente in Magen und Dünndarm zusammengenommen.

Der vordere Abschnitt im Darme der Arthropoden ist Oesophagus. Er dient im Wesentlichen zum Durchgang der Speisen in den Magen, während der hintere Abschnitt, der Darm, wohl vorzugsweise nur zur Fortleitung der Speisereste bestimmt ist. Bei den afterlosen Larven der Hymenopteren u. s. w., welche die unverdaulichen Reste der Nahrung durch den Mund ausspeien, fehlt denn auch deßhalb ein Darm. Das hintere blinde Ende des Verdauungskanals ist hier von dem hintern Ende des Magens gebildet.

Der Magen ist aber nicht bloß der wichtigste Abschnitt am Darmkanale der Arthropoden, er ist überall zugleich der längste und umfangreichste. Erklärlich ist es auch und in nothwendigem Zusammenhang mit seiner functionellen Bedeutung, daß er in seiner Structur von den übrigen Abschnitten sich unterscheide. Bei den letzteren, die vornehmlich als Leitungsapparate functioniren, ist besonders die Muskelhaut entwickelt, die nach außen gelegen ist und die innere Auskleidung des Darmrohres überzieht. Sie besteht aus Längs- und Querfasern, die aber auffallender Weise nicht glatte sog. organische Fasern sind, wie bei den Wirbelthieren, sondern hier, wie an dem Magen, dieselben Querstreifen darbieten, die wir sonst hauptsächlich nur an den willkürlich beweglichen Muskeln vorfinden. Es ist überhaupt eine Erscheinung von großem physiologischem Interesse, die wir späterhin noch einmal berühren werden, daß eigentliche glatte Muskelfasern bei den Arthropoden nirgends vorkommen. Ganz durchgehends, wie hier an dem Darm, so auch an den Ausführungsgängen der Drüsen u. s. w. und überall, wo ein eigentliches Muskelgewebe sich entwickelt hat, finden wir Fasern mit Querstreifen, die freilich nicht in jedem Falle gleich distinct und deutlich ausgeprägt sind. Unter den Wirbelthieren haben wir schon oben das Auftreten solcher quergestreiften Muskelfasern ausnahmsweise bei der Schleihe angemerkt; hier, bei den Arthropoden, finden wir es überall und als Regel. Ebenso auffallend und constant, wie die Abwesenheit des glatten Muskel-

gewebes, ist bei den Arthropoden auch die Abwesenheit der Epithelialhäute. Ihre Stelle ist in allen Fällen von structurlosen Membranen vertreten, die sich zugleich durch eine besondere chemische Zusammensetzung auszeichnen. Sie bestehen aus Chitin, einem Stoffe, den wir, wenn auch nicht ganz ausschließlich, doch vorzugsweise und zwar in größter Ausdehnung in der eben genannten Abtheilung der Thiere vorfinden, in den äußeren Bedeckungen wie in den Drüsengängen, in den Respirationsorganen wie in dem Darmkanale.

In dem letztern, wo uns hier zunächst das Auftreten dieser Chitinauskleidung interessirt, erreicht dieselbe am Oesophagus und Darme ihre größte Entwicklung. Sie hat an diesen Stellen eine sehr feste Beschaffenheit und trägt nicht selten eine Menge von Haaren, Zähnen oder Schuppen in verschiedener, oft sehr zierlicher Anordnung, die in das Lumen des Darmes hineinragen. Weit zarter ist dieselbe in dem Magen, wohl deßhalb, weil hier vornehmlich darauf Rücksicht genommen werden mußte, daß die endosmotischen Processe, auf denen die Möglichkeit der Chylusresorption beruht, in gehöriger Weise vor sich gehen konnten. Eine stärkere Entwicklung der innern Chitinhaut aber würde dieselbe nur erschwert und gestört haben.

Zwischen dieser Chitinhaut, die an Mund und After continuirlich in die Bedeckungen des Körpers übergeht, und der äußern Muskellage des Darmkanales findet sich an dem Magen noch eine besondere dicke Schicht von zarten zellenartigen Bläschen, deren Anwesenheit für den Proceß der Verdauung von der größten Bedeutung ist. In ihnen begegnen wir den Apparaten für die Bereitung des Magensaftes, die bei den Wirbelthieren, wie wir gesehen haben, in besondern Drüsenfollikeln eingelagert sind (in den sog. Magen- und Darmdrüsen); in ihnen auch den Elementen für die Bildung der Galle, wenn nämlich eine besondere Leber, wie bei sehr vielen Arthropoden (bes. den Hexapoden und Myriapoden) nicht entwickelt ist. Wo eine solche vorkommt, haben die Drüsenzellen des Magens, die mit einer homogenen fettartigen Masse gefüllt sind (deren nähere Analyse wir noch nicht kennen), wohl vornehmlich bloß die erstere Bedeutung. Die Galle wird dann von den zelligen Elementen der Leber bereitet, die übrigens beständig als ein Anhangsgebilde des Magens erscheint und durch eine Ausstülpung entstanden ist. Die äußere Begrenzungshaut der Leber ist eine derbe structurlose Membran, die auch am Magen vorkommt und hier die Zellenschicht von der Muskellage trennt; was wohl um so nöthiger wurde, als letztere am Magen ein mehr lockeres Gefüge und ein maschenartiges Aussehen besitzt.

In manchen Fällen findet man aber auch noch am Darme eine Zellenschicht zwischen Muskelhaut und Chitinmembran, besonders bei den Hexapoden, wo überhaupt, wie wir sehen werden, dieser Abschnitt seine größte Entwicklung erreicht. Vielleicht, daß dann der betreffende Theil, wie etwa der Blinddarm mancher Säugethiere, an dem Verdauungsprocesse, wenn gleich unstreitig nur in sehr untergeordneter Weise, participirt. — Bisweilen haben übrigens diese Zellen offenbar eine rein excretorische Bedeutung. So namentlich am äußersten Ende des Darmes, wo sie sich oftmals schon histologisch, wie in den Larven mancher Hexapoden, in den Raupen u. s. w. durch beträchtlichere Größe und Verästelung des Kernes vor den übrigen zelligen Elementen des Verdauungsapparates auszeichnen.

Auch sonst ergießen noch mancherlei andere Excretionsorgane ihren Inhalt in den Darm. So an der vordern Grenze derselben die Harnapparate, die eine fadenförmige Gestalt besitzen und bei den Hexapoden, bei denen man sie sehr lange für Leberschläuche gehalten hat, unter dem Namen der Malpighi'schen Gefäße bekannt sind; so auch am Endtheile des Darmes die merkwürdigen Rectaldrüsen, deren Vorkommen und Verbreitung unter den ausgebildeten Hexapoden erst in neuester Zeit entdeckt worden ist.

Mesenterien und sonstige ligamentöse Apparate zur Befestigung des Darmes fehlen den Arthropoden. Entweder ist derselbe ganz frei in der Leibeshöhle gelegen und nur durch die benachbarten Organe in seiner Lage erhalten, oder noch von zahlreichen Tracheenzweigen

umsponnen, wie bei den luftathmenden Formen, deren Bewegungsweise eine festere Anheftung des Verdauungsapparates verlangte.

Im Umkreis des Darmkanales liegt der sog. Fettkörper, eine Masse, die aus unzähligen Fettzellen von verschiedener Anordnung besteht und eine blättrige, lappige oder traubige Form hat. Offenbar ist derselbe ein bloßes Depot von Nahrungsstoffen, wie andere Fettanhäufungen. Seine Entwicklung richtet sich nach der Menge und der chemischen Beschaffenheit der genossenen Nahrung und zeigt große Schwankungen, nicht bloß bei den verschiedenen Arten, auch bei den einzelnen Individuen zu den verschiedenen Zeiten des Lebens. Im Allgemeinen ist sie bei den Pflanzenfressern stärker, als bei den Fleischfressern, im Larvenzustand stärker, als später. Namentlich besitzen die Larven der Insekten mit vollständiger Metamorphose vor dem Puppenschlaf einen sehr ansehnlichen Fettkörper. —

Speiseröhre, Magen und Darm sind bei vielen Arthropoden (Entomostraken, Scorpionen, Tausendfüßlern, Insektenlarven) die einzigen Abtheilungen des Verdauungskanales. Auch in den übrigen lassen sie sich auffinden, obgleich ihre Bildung je nach den specielleren Erfordernissen gar manchfach differirt. Besonders häufig ist es, daß sich aus ihnen und zwischen ihnen noch besondere Abschnitte hervorbilden, wie namentlich bei den Hexapoden (vgl. Fig. 95), die von allen hieher gehörenden Thieren den stärksten Stoffwechsel besitzen und eben deßhalb auch wohl am nothwendigsten der Mittel bedurften, die Nahrung möglichst vollständig auszubeuten. Zur zeitweiligen Aufnahme, vielleicht auch mitunter zur vorläufigen Erweichung der Nahrungsstoffe besitzen die sechsfüßigen Insekten gewöhnlich einen Kropf, bald eine einfache concentrische Erweiterung der hintern Speiseröhre, bald eine bruchartige Ausstülpung, bald endlich eine gestielte Blase, die dann sehr weit nach vorn mit der Speiseröhre zusammenhängt. Die letztere trägt den besondern Namen der Saugblase oder des Saugmagens, weil sie besonders bei den saugenden Insekten vorkommt (deren Nahrung sehr leicht durch den dünnen Stiel eintreten kann) und bei den Saugbewegungen vielleicht nicht ohne Einfluß ist.

Die Anwesenheit des Kropfes befähigt zu der Aufnahme einer größern Menge von Nahrung, als im Augenblick bearbeitet und verdaut werden kann. Einem etwaigen spätern Mangel ist dadurch vorgebeugt. Wo der Kropf fehlt (unter den Hexapoden bei den Lamellicornien, Hemipteren u. a.), da ist entweder die Nahrung mit Leichtigkeit in hinreichender Menge zu beschaffen, oder der Stoffwechsel ist minder energisch und minder großen Fluctuationen unterworfen, oder es ist auf andere Weise der aus der Abwesenheit dieses Gebildes etwa entstehende Nachtheil ausgeglichen. Noch häufiger ist es, daß sich zwischen Speiseröhre und Chylusmagen ein besonderer Kaumagen einschiebt, dessen innere Auskleidung in zahlreichen Leisten, Zähnen und Borsten vorspringt. Die Aufgabe dieses Abschnittes ist eine nochmalige mechanische Zerkleinerung der Nahrungsmittel. Er findet sich denn auch deßhalb vornehmlich bei den von einer festen und geformten Speise sich ernährenden Arten. Da aber diese Nahrung die verschiedensten Cohärenzzustände darbietet, und deßhalb auch die Schwierigkeiten der mechanischen Zerkleinerung verschieden groß sind, werden wir schon von vorn herein eine manchfaltige Entwicklung des betreffenden Abschnittes vermuthen können. Bei den kauenden Raubinsekten (den höheren Krebsen*), Lauf- und Wasserkäfern) und Omnivoren (Heuschrecken, Termiten, Ameisen u. s. w.) oder den von harten Pflanzentheilen sich ernährenden Rüsselkäfern wird er kräftiger und größer seyn müssen, als bei den Laub und Pollen fressenden Lamellicornien, Bienen u. s. w., während er endlich bei den saugenden Schmetterlingen, Wanzen und Fliegen, bei den Spinnen und Entomostraken völlig fehlen kann.

In manchen Fällen mag auch die sorgfältige Zerkleinerung der Speisen zwischen den Kiefern die spätere Bearbeitung in einem eignen Magen unnöthig machen. Daher viel-

*) Wegen der mächtigen Entwicklung des Kaumagens bei diesen Thieren (vgl. Fig. 96. c.) hat man denselben irrthümlicher Weise mit dem Chylusmagen der übrigen Arthropoden parallelisirt und den eigentlichen Chylusmagen als Anfangstheil des Darmes gedeutet.

leicht die Abwesenheit desselben bei den Libellen und Skolopendern, die doch gleichfalls kauende Raubinsekten sind.

Der Chylusmagen besitzt in der Regel eine lange, gestreckte Cylinderform und mäßige Weite. Weit seltener ist er kurz, eiförmig oder sackartig (bei den niederen Krebsen, auch bei den Schmetterlingen). Wenn solche Verschiedenheiten sich nicht auf die relative Größe der Magenfläche erstrecken, sondern bloß auf die Form, dann sind sie gewiß sehr gleichgültig und wohl nur durch die räumlichen Verhältnisse des Körpers bestimmt. Daß die erstere dagegen sehr wichtig sey, geht schon aus der einfachen Ueberlegung hervor, daß mit ihr zugleich die Größe der secernirenden und auffaugenden Darmfläche gegeben ist. Um diese Fläche zu vergrößern, ist die ursprüngliche Cylinderform des Magens oftmals auch durch Ausstülpungen verändert worden. Bei den Hexapoden sind dieselben nur selten, wohl deßhalb, weil der gesammte Verdauungskanal und auch der Magen derselben durch eine sehr ansehnliche Länge sich auszeichnet, wie schon oben erwähnt wurde. Am häufigsten sind sie noch bei den Orthopteren, die einen geraden und kurzen Darm besitzen. Sie stehen hier als Blindsäcke oder Schläuche von verschiedener Zahl (von 2—8) im Umkreis des vordern Magenendes. Sehr allgemein dagegen finden sie sich bei den Arachniden, deren kurze und breite Körperform die Bildung solcher Anhänge zu begünstigen scheint. Sie sind hier bald in sehr großer Menge vorhanden, und dann kurz und bauchig (Phalangier), bald in geringerer, und dann durch Cylinderform und Länge ausgezeichnet. Wo der Körper eine gemeinsame rundliche Masse darstellt, wie bei den Milben, erstrecken sich diese Anhänge über die ganze Länge des Magens, während sie sich bei den Araneen, wo Cephalothorax und Bauch durch eine tiefe Einschnürung getrennt werden, auf den vordern Theil *) beschränken und mit ihren Enden mehr und minder tief in die Extremitäten hineinragen. Die ersten dieser Blindschläuche verwachsen nicht selten mit ihren Enden zu einem ringförmigen Bogen, der einen eignen an dem Oesophagus sich festsetzenden Muskel umfaßt (dessen Entwicklung die Wirksamkeit des Oesophagus beim Saugen vielleicht sehr erhöht). Aehnliche Verschmelzungen hat man neuerlich auch an den hinteren Magenanhängen der Vogelspinne beobachtet, die sich vielfach verästeln und zu einem förmlichen Netzwerk anastomosiren. Auch bei den Entomostraken sind verästelte cylindrische Magenanhänge nicht selten.

Von den eben beschriebenen Magenanhängen muß man übrigens die zahlreichen kurzen und dünnen zottenförmigen Hervorragungen unterscheiden, die bei vielen Hexapoden (bei Raubkäfern, auch bei Ameisen u. e. a.) angetroffen werden. Sie sind keine Ausstülpungen des gesammten Darmrohres, wie jene, sondern einfache Verlängerungen der structurlosen, unterhalb der Muskelhaut sich hinziehenden Membran, die zwischen den Maschen derselben sich hervorgedrängt haben und bloße Drüsenzellen im Innern enthalten.

Fig. 95.



Verdauungsapparat eines Raubkäfers.

a Kopf mit seinen Anhängen; *b* Kropf; *c* Kaumagen; *d* Chylusmagen mit Zotten; *e* Malpighische Gefäße.

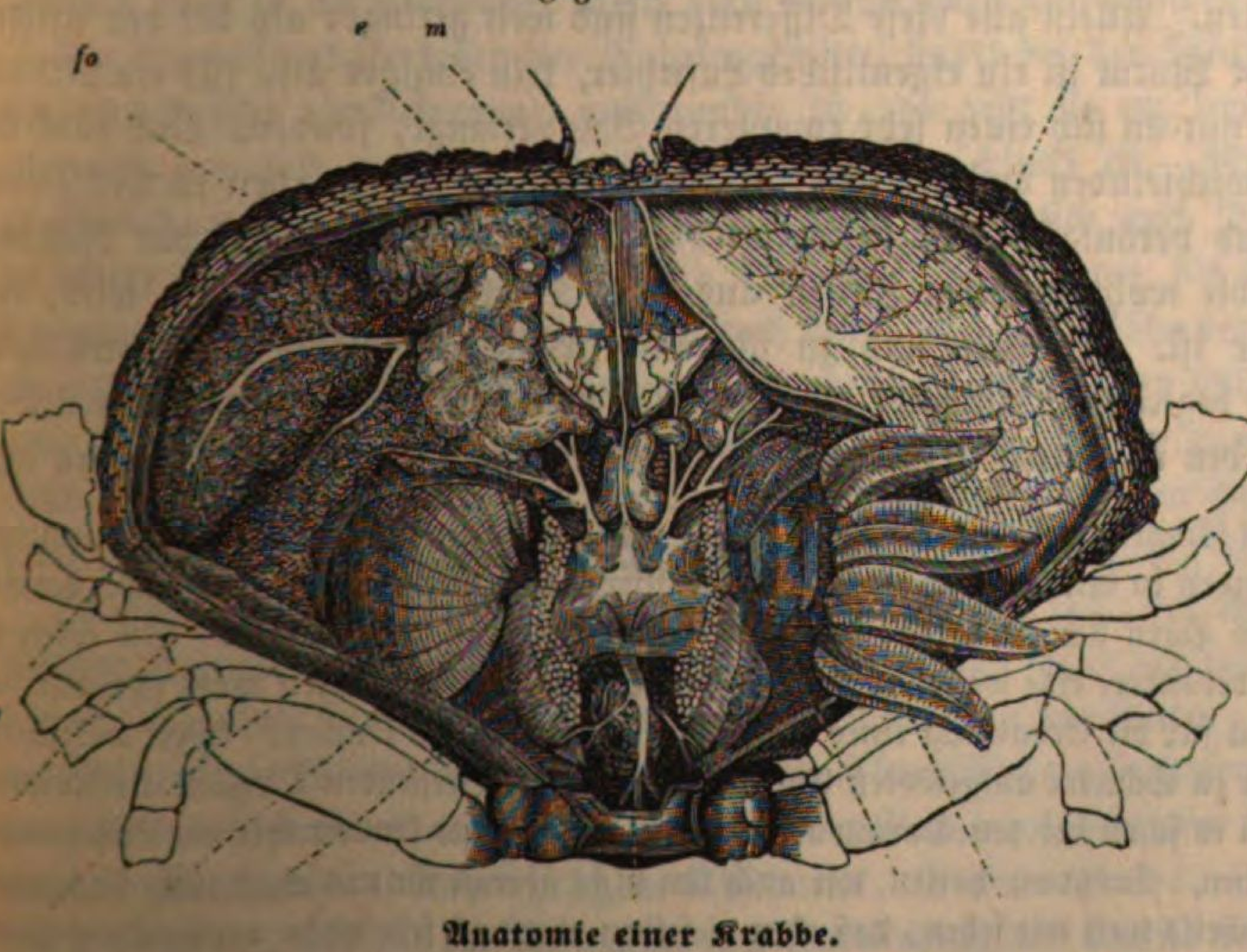
*) Mit Unrecht bezeichnet man hier den hintern, im Abdomen gelegenen Theil des Chylusmagens als Darm.

Die Entwicklung derselben bezweckt keine Vergrößerung der gesammten Magenfläche, sondern der secernirenden Zellenschicht. In der Regel sind diese Hervorragungen in der vorderen Hälfte des Magens am größten. Bei manchen Wanzenarten (Pentatomiden und Coreiden) finden sie sich dagegen am hintern Ende und hier in zwei oder vier sehr regelmäßigen Längsreihen mit einander vereinigt. — Wo der Magen durch seine Länge sich auszeichnet, wie in den meisten Hexapoden, kann er nicht mehr gerade verlaufen. Er zeigt dann eine einfache Schlinge oder mehrfache Windungen. Das Erstere besonders bei den Hemipteren, bei denen dann der untere Schenkel dieser Schlinge nicht selten an den Anfangstheil des Magens sich festheftet oder gar (Tettigonia) unter der Muskelhaut desselben eine Strecke weit hinläuft.

Die hintere Grenze des Chylusmagens ist durch die Insektion der Malpighischen Gefäße, in vielen Fällen auch noch durch eine sphincterartige Verengerung markirt. An dieser Stelle nimmt der Darm seinen Ursprung, der in Form und Entwicklung gleichfalls sehr manchfaltige Differenzen darbietet. Gewöhnlich ist derselbe ein einfacher, ganz gerader Cylinder, ein Afterdarm oder Mastdarm, mit dicken Muskelwandungen und von geringer Länge. In einigen Fällen (Araneen) ist er am Anfang beträchtlich erweitert, oder (wie bei manchen Hexapoden, bei den Schmetterlingen, Wasserkäfern u. s. w.) in einen zipfelförmigen Blinddarm ausgezogen. Vor demselben ist bei den Hexapoden ganz allgemein noch ein besonderes Darmstück, ein sog. Krummdarm, entwickelt, der offenbar zur weitern Resorption des Chylus bestimmt ist. Je nach den Bedürfnissen ist derselbe länger oder kürzer, weiter oder enger. Am auffallendsten ist seine Entwicklung in den Larven einiger pflanzenfressenden Insekten mit vollkommener Metamorphose, besonders der Lamellicornier. Hier bildet er einen sackförmigen Behälter von ansehnlicher Weite, der dem Chylusmagen an Umfang gleichkommt und in seiner functionellen Bedeutung vielleicht mit dem Blinddarm der Wiederkäuer u. a. pflanzenfressender Säugethiere übereinstimmt. Der Krummdarm der Raupen ist gleichfalls sehr ansehnlich und in zwei auf einander folgende kugelige Abschnitte zerfallen.

Isolirte gallenbereitende Organe sind, wie wir schon angeführt haben, nicht in allen Arthropoden vorhanden. Sie fehlen den meisten Arten und ganz constant besonders

Fig. 96.



e Kaumagen mit ansehnlichen äußeren Muskeln *m* zur Bewegung der inneren Zähne; *fo* Leberdrüsen.

Anatomie einer Krabbe.

den Tausendfüßlern und sechsfüßigen Insekten, wenn man nicht etwa die zottenförmigen und cylindrischen Magenanhänge der letzteren als Leber deuten will. Auch bei den niederen

Spinnen und Krebsen werden sie vermißt oder vielmehr, wie bei den Insekten u. s. w., von den Drüsenzellen des Magens vertreten. Nur da, wo diese bei relativ geringer Flächenausbreitung der Magenwandungen nicht mehr für die Bedürfnisse ausreichen, ist ein besonderes gallenbereitendes Gebilde entwickelt. So namentlich bei den größeren Arachniden und Crustaceen. Hier erscheinen die Leberdrüsen als einfache oder zusammengesetzte cylindrische Schläuche von verschiedener Zahl und Entwicklung, die in den Chylusmagen einmünden. Einfache paarige Schläuche (gewöhnlich zwei Paare) sind die Leberdrüsen der Asseln und Flußkrebse. Bei den Decapoden (Fig. 96) bilden sie zwei ansehnliche zusammengesetzte Drüsen mit einfachen Ausführungsgängen, neben denen sich bei den Brachyuren (und Pagurus) noch zwei andere gefäßartige Leberschläuche einsenken. Bei den Pöcilopoden und Cirripedien, bei Squilla und Bopyrus, Araneen und Scorpioniden finden sich gleichfalls zusammengesetzte Leberdrüsen, die eine fast parenchymatöse Beschaffenheit haben und mitunter an verschiedenen Stellen in den Magen sich einsenken.

Die Rectaldrüsen beschränken sich in ihrem Vorkommen auf die ausgebildeten Insekten mit Ausschluß der Hemipteren und pflanzenfressenden Käfer. Sie finden sich in den Wandungen des Mastdarmes, bald als kleine rundliche Massen von großer Menge (Schmetterlinge), bald als sechs größere längliche Wülste (Raubkäfer, Orthopteren, Bienen), bald endlich als vier nach innen hervorragende zipfelförmige Blinddärme (Dipteren). Ueber die Bedeutung dieser merkwürdigen Gebilde wissen wir wenig. Es läßt sich nur vermuthen, daß sie einen excrementitiellen Stoff absondern, wozu ihre Lage und Anordnung sie leicht befähigen möchte. Damit stimmt auch überein, daß sie nur bei denjenigen Arthropoden vorkommen, die nach ihren Lebensäußerungen von allen voraussichtlich den stärksten Stoffwechsel besitzen.

Würmer. Wenn die Manchfaltigkeit in dem Bau der Verdauungsapparate bei den Arthropoden, wie wir uns überzeugt haben, durch die manchfaltige Verschiedenheit der Lebensweise bedingt ist, so werden wir bei den Würmern schon von vorn herein eine größere Gleichförmigkeit vermuthen können. Auch bei ihnen finden wir freilich einen Wechsel der äußeren Lebensverhältnisse: die einen schwimmen frei in dem Wasser umher, während die anderen in festsitzenden Gehäusen eingeschlossen sind; die einen durchwühlen den Schlamm oder die Erde, während die anderen parasitisch auf der Haut von Thieren oder selbst im Innern derselben sich aufhalten. Allein alle diese Differenzen sind weit geringer als bei den Arthropoden. Kein einziger Wurm ist ein eigentliches Luftthier, kein einziger also für ein Medium organisirt, das nicht nur an sich einen sehr compleren Bau verlangt, sondern auch durch die fast in's Unendliche wechselnden äußeren Verhältnisse, die es enthält, zu eben so wechselnden Leistungen zwingt und veranlaßt. Dazu kommt die große Gleichförmigkeit der Nahrung bei den Würmern, die wohl in allen Fällen aus dem Thierreiche genommen wird, nur selten eine gemischte ist. Zu klein und zu schwach, größere Geschöpfe zu überwältigen, müssen sie sich damit begnügen, entweder als Parasiten von Blut und anderen animalischen Flüssigkeiten *) zu leben oder noch kleinere und schwächere Thiere zu verzehren. Fehlen dazu

*) Es ist bei den Eingeweidewürmern nicht immer leicht zu sagen, welche Stoffe sie genießen. Wir finden z. B. Entozoen in den Gallengängen, in den Nieren und Harnwegen; folgt aber daraus, daß sie von Galle und Harn sich ernähren, wie man behauptet hat? Keineswegs. Die erstere ist fast völlig stickstofflos, derandere eine wässerige Lösung von Salzen. Beide möchten wohl schwerlich das ausschließliche Material für die Erhaltung eines thierischen Körpers bieten können. Weit wahrscheinlicher ist es, daß sie die zu Schleim aufgelösten Epithelialzellen der betreffenden Organe als Nahrung verwenden. Anders ist es schon bei den Darmwürmern. Dem Chymus können wir die Ernährungsfähigkeit nicht absprechen. Trotzdem halten wir auch ihn nicht überall für das eigentliche Nahrungsmittel jener Würmer, theils weil wir sehen, daß eben dieselben oder doch sehr nahe verwandte Helminthen noch andere Organe bewohnen, theils auch, weil es bekannt ist, daß gerade solche pathologische Zustände, die, wie die Scrophulose, eine anhaltende stärkere Absonderung des Darmschleimes hervorrufen, für die Entwicklung und Vermehrung der Darmwürmer am günstigsten sind.

die Mittel, so füllen sie ihren Darmkanal mit Schlamm oder Erde, um die darin lebenden oder vermodernden thierischen (und pflanzlichen) Organismen zu verdauen. In vollster Uebereinstimmung mit der Organisation der Würmer, namentlich mit Größe und Bewegungsfähigkeit, stehen nun auch die speciell für die Nahrungsaufnahme bestimmten Organe. Es sind nur wenige Würmer, die derselben völlig entbehren, nur einige Eingeweidewürmer, die an Orten und unter Verhältnissen leben, wo sie in ihren Nahrungsstoffen fast gebadet erscheinen. Durch die äußeren Umstände sind hier derartige Apparate unnöthig geworden. Was sonst als Aeußerung der freien Thätigkeit erscheint, die Aufnahme der Nahrungsmittel, ist hier dem Einflusse des Willens entzogen und der physikalischen Nothwendigkeit untergeordnet.

Eigentliche Mundorgane, wie wir sie bei den Arthropoden kennen gelernt haben, fehlen übrigens bei allen Würmern. Kommen auch wirklich, wie bei einigen parasitischen Arten (z. B. Strongylus), im Umkreis der Mundöffnung besondere hornige Skeletstücke vor (zum Bohren u. s. w.), so können diese doch niemals als morphologische Aequivalente der Kiefer aufgefaßt werden. Weit eher lassen sie sich den Epithelialanhängen im Kaumagen der Arthropoden vergleichen, die auch wirklich, wie wir uns überzeugen werden, der Abtheilung der Würmer nicht fremd sind. Ebenso wenig gilt dieses von dem im Umkreis des Mundes bei den festsitzenden Würmern (Capitibranchiaten und Bryozoen) entwickelten Tentakelapparate (Fig. 20. 21), in welchem wir gewissermaßen die Raubfüße der Arthropoden wiederholt sehen. Gleich diesen dient derselbe zum Ergreifen der Beute, die nicht das eigene Verdienst, die mehr der Zufall zuführt, die nicht erjagt, die vielmehr erhascht wird. In dieser Hinsicht ist es auch nicht ohne Bedeutung, daß die einzelnen Tentakel noch in besonderer Weise ausgerüstet sind. Sie tragen zahlreiche Flimmerhaare, deren beständige Schwingungen im umgebenden Wasser eine Strömung unterhalten und dadurch kleinere thierische und pflanzliche Körper der Mundöffnung zutreiben. In etwas abweichender Form, als Räderorgan (vergl. Fig. 99. b) findet sich dieser Apparat auch bei den Rotiferen, die übrigens, als frei bewegliche Thiere, desselben kaum bedürfen würden, wenn sie nicht zum Zweck der Nahrungsaufnahme sich mit dem Hinterleibsende festsetzten. Die übrigen frei beweglichen Würmer besitzen in einer besonderen Organisation ihres vordern Darmkanales die Mittel zur Aufnahme der Nahrung. Die einen suchen dieselben und wählen sie aus, je nach den Bedürfnissen; die anderen finden sie in reichlicher Menge in unmittelbarer Nähe. Es ist natürlich, daß in entsprechender Weise auch die speciellen Begabungen wechseln müssen.

Ein eigentliches Zerkauen der Nahrungsmittel findet bei den Würmern nicht statt. Wo eine mechanische Zerkleinerung nothwendig ist, da geht sie im Innern des Verdauungsapparates vor sich, nachdem die Speise bereits verschluckt ist. Mund und After liegen gewöhnlich an den äußersten Körperenden. Doch finden sich auch Ausnahmen. So rückt der erstere bei den Strudelwürmern (Fig. 101) meist nach hinten, bis über die Mitte hinaus, der andere bei den Bryozoen (Fig. 99) nach vorn bis in die Nähe der Mundöffnung. Jene abweichende Lage des Mundes hängt wohl mit der eigenthümlichen schleichenden Bewegungsweise der Strudelwürmer zusammen, die sie befähigt, mit der ganzen Körperfläche ihre Beute zu umfassen, während bei den Bryozoen die Befestigung am Hinterleibsende und die Entwicklung des äußern Skelets eine Dislocation des Afters nöthig machten.

In einigen Fällen, bei den Trematoden und Planarien, fehlt der After. Ja, es gibt selbst Würmer, die neben dem After auch noch des Mundes und sogar des ganzen Darmkanales entbehren. Sie sind Eingeweidewürmer, wie wir schon oben erwähnten, die ihre Nahrung aus den Säften ihrer Wirthe durch die ganze äußere Körperfläche aufnehmen. Lassen wir diese letzteren Thiere einstweilen außer Acht, so zerfällt der Verdauungsapparat der Würmer sehr allgemein in zwei hinter einander gelegene Abschnitte, in ein vorderes, sehr muskulöses Rohr, den Pharynx, der für die Aufnahme und Fortleitung der Speise bestimmt ist, und einen längern Darm, der die Verdauung und Aufsaugung vermittelt. Nur in einigen wenigen Fällen läßt sich an dem letztern ein gesonderter Magen und Afterdarm unterscheiden. Eine

eigentliche Mesenterialbefestigung fehlt dem Darm ganz durchgehends. Wo etwa durch die räumliche Anordnung eine Anheftung nöthig wurde, da ist sie durch besondere muskulöse Apparate hergestellt, die zwischen Darm und äußeren Bedeckungen ausgespannt sind. Diese erscheinen bald als ringförmige Scheidewände in gleichen Abständen hinter einander, wie bei den Borstenfüßlern, bald als zwei Längsbänder, bei dem Spulwurm u. a.

Dicht hinter der Mundöffnung beginnt der Pharynx, ein Rohr von verschiedener Länge, dessen Wandungen durch eine sehr starke Muskulatur sich auszeichnen. Am hintern Ende erreicht diese ihre größte Entwicklung, bald mehr allmälig, bald plötzlich, so daß man mitunter einen förmlichen Muskelmagen oder Schlundkopf unterscheiden kann. Bei der Abwesenheit von äußeren Masticationswerkzeugen kommt die Entwicklung dieses Abschnittes den Würmern natürlich sehr zu statten. Die Einwirkung der Muskelwände auf die durch sie hindurchtretenden Substanzen wird eine mechanische Zerkleinerung derselben zur Folge haben. Und diese wird vielleicht viel vollständiger geschehen können, als es bei der geringen Größe der zur Nahrung dienenden Körper durch äußere Mundanhänge möglich gewesen wäre. Die Wirkung des Apparates wird noch durch eine derbe Epithelialhaut erhöht, die an der Mundöffnung continuirlich in die äußeren Bedeckungen übergeht und nach innen nicht selten in Höckern, Zähnen und Leisten vorspringt. Bei den Räderthieren bildet diese Bewaffnung einen förmlichen aus zwei gegenüberliegenden Hälften bestehenden Kauapparat (Fig. 97). Noch häufiger, und so namentlich bei vielen frei lebenden Rückenkiemern, sind diese hornigen Gebilde zugleich in Waffen zum Angriff und zum Festhalten der Beute verwandelt worden, in Zähne, Spieße oder wirkliche paarige Kiefer (Fig. 98), die aus dem Munde hervorgestreckt werden können, indem der davor gelegene Theil des Pharynx durch eigene Muskeln sich nach außen umstülpt. Auch die Blutegel zeigen eine ähnliche Bildung. Ziemlich vorn im Pharynx finden wir hier drei hornige Platten, die neben einander stehen und mit ihrem freien gezähnelten Rande die äußeren Bedeckungen der Thiere zernagen. Mit der Abwesenheit solcher Waffen ist nun aber noch keineswegs überall die Fähigkeit, den Pharynx nach außen hervorzustrecken, verloren gegangen. Wir finden diese vielmehr bei allen Rückenkiemern, die sich vom Raube nähren, obgleich eine große Anzahl derselben jener Waffen entbehrt. Der Nutzen solcher Einrichtung ist leicht zu erkennen; der Pharynx ist dadurch zu einem Fangapparat geworden. Ist ein Körper erfaßt, so zieht sich der Pharynx zurück und überliefert seine Beute dann dem Darm zu weiterer Bearbeitung.

Fig. 97.



Kauapparat eines Räderthiers.

Fig. 98.



Kopf einer Nereis (vom Bauche aus gesehen), mit herausgestülpten Pharynx und Mandibeln.

Die Zahl der Raubwürmer beschränkt sich übrigens nicht auf die Rückenkiemer. Auch unter den übrigen Würmern, den Hautkiemern (Clepsine) und Turbellarien finden wir Thiere mit einer derartigen Lebensweise. Von den letzteren sind es besonders die größeren Arten, die hieher gehören, wohl deßhalb, weil dadurch dem größern Nahrungsbedürfniß am leichtesten entsprochen werden konnte. In allen diesen Fällen findet sich ebenfalls ein Greifapparat in Gestalt eines eigenen Rüssels, der im Innern der Pharyngealhöhle liegt, wie die Zunge der Wirbelthiere in der Mundhöhle. Der Rüssel ist ein einfaches cylindrisches Rohr, das im Grunde des Pharynx, wo dieser in den eigentlichen Darm sich fortsetzt, befestigt ist. Seine innere Höhle ist in unmittelbarer Communication mit dem Lumen des Darmes. Der Pharynx selbst ist bei der Anwesenheit eines Rüssels sehr zarthäutig, und deßhalb auch einer ansehnlichen Verkürzung fähig, durch welche dann der Rüssel aus der Mundhöhle hervorgeschoben wird, bis er die Beute erhascht hat. Bei einigen Planarien, wo er zu diesem Geschäft noch besonders zweckmäßig eingerichtet ist, bildet er übrigens keine cylindrische Röhre, sondern setzt sich aus mehreren verästelten Armen zusammen, die während

der Ruhe in die Pharyngealhöhle zurückgezogen sind. Einer besondern Erwähnung bedarf noch der Rüssel der zu den Turbellarien gehörenden Nemertinen, der von dem Darmkanal getrennt ist und in einer besondern dicht vor dem Munde nach außen mündenden Höhle liegt. Er bildet ein ansehnliches cylindrisches Rohr, *) das an Länge selbst den Körper übertrifft und mit seinem hintern nach vorn umgebogenen Ende an der Wand der Rüsselhöhle befestigt ist. Das entgegengesetzte Ende ist mit der Oeffnung derselben verwachsen, so daß der Rüssel, gleich dem Pharynx der Rückenkiemer, nach außen umgestülpt werden muß, wenn er zum Ergreifen gebraucht werden soll. Es geschieht dieses durch eine antiperistaltische Bewegung des Hautmuskelschlauches, die theils unmittelbar auf den Rüssel wirkt, theils aber auch mittelst einer besondern in der Rüsselhöhle eingeschlossenen Flüssigkeit. Im Innern trägt der Rüssel nicht selten eine aus Hornspießen bestehende Bewaffnung, die auf der äußersten Spitze steht, wenn er hervorgestülpt ist, und seine Brauchbarkeit natürlich noch erhöht.

Bei vielen Würmern ist der Pharyngealtheil des Darmkanales mit besonderen drüsigen Anhängen versehen, die man als Speicheldrüsen deutet. Ob indessen mit Recht, können wir im Augenblick noch nicht entscheiden. Jedenfalls dürfen wir um so mehr an die Möglichkeit einer fälschlichen Deutung denken, als die Würmer mit einem Aufenthalt im Wasser eine thierische Nahrung verbinden, also unter Verhältnissen leben, unter denen wir bei den höheren Thieren weit eher auf eine Abwesenheit der Speicheldrüsen zurückschließen würden.

Ueberdieß münden diese sog. Speicheldrüsen an einem andern Orte, als bei den höheren Thieren, wo sie in die Mundhöhle oder doch in den vordersten Abschnitt des Oesophagus sich öffnen. Man hat deßhalb die Speicheldrüsen der Würmer wohl mit dem Pankreas der Vertebraten verglichen, allein damit ist im Grunde nur Wenig gewonnen. Auch möchten wir auf diesen Unterschied kein großes Gewicht legen, weil er vielleicht durch die physiologische Verwendung des Pharynx zu einem Fangapparate nothwendig gemacht wurde. Bei den Trematoden u. a., die keinen exsertilen Pharynx besitzen, ist die Mündungsstelle der Drüsen auch näher der Mundöffnung. Wir können übrigens die Bemerkung nicht unterdrücken, daß die Anwesenheit der Speicheldrüsen einigermaßen mit der Entwicklung der hornigen Pharyngealbewaffnung zu correspondiren scheint (sehr ansehnliche Speicheldrüsen besitzt z. B. das Gen. Strongylus unter den Nematoden, Nereis und viele andere Branchiaten, die ganze Gruppe der Rotiferen u. s. w.), obgleich dieselbe nicht ausschließlich darnach sich richtet.

Nach dem Bau zeigen diese Drüsen manche Verschiedenheiten. Sie sind bald einfache mehr oder minder weite Blindschläuche, bald zusammengesetzte Massen von acinöser oder folliculöser Structur, je nach den physiologischen und räumlichen Bedürfnissen. Diese Speicheldrüsen sind übrigens die einzigen drüsigen Anhangsgebilde des Darmes bei den Würmern. Eine Leber fehlt, wie bei den Insekten. Die Function der Gallenbereitung ist von den Drüsenzellen des Chylusdarmes übernommen, der nach hinten auf den Pharynx folgt und bei seiner ansehnlichen Länge in den meisten Fällen ohne weitere Veranstaltung eine hinreichend große secernirende Fläche darbietet.

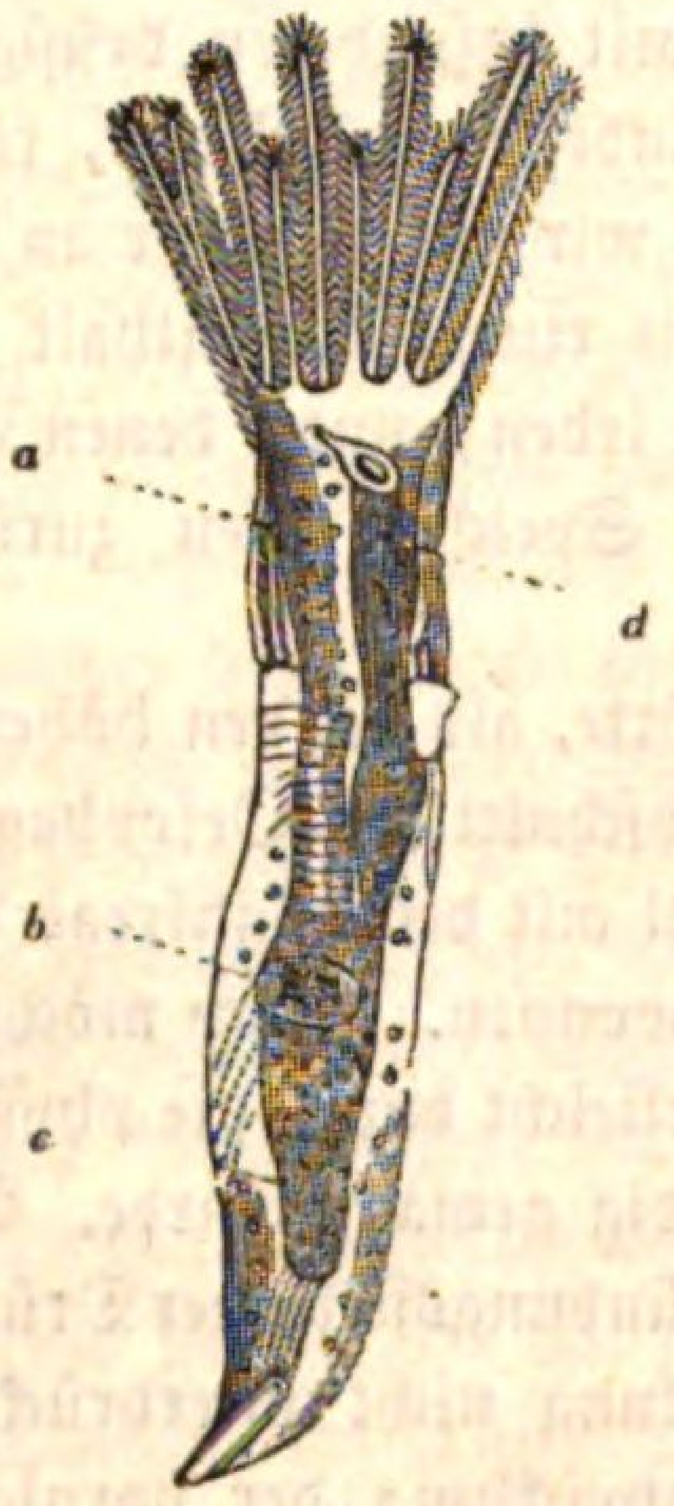
Zunächst nach außen besitzt der Chylusdarm eine muskulöse Hülle, die übrigens an Mächtigkeit sehr weit hinter den Muskelwandungen des Pharynx zurückbleibt. Die Fasern sind glatt, ohne Querstreifen, hier und da selbst so undeutlich, daß man statt einer Muskelhaut bloß eine homogene und structurlose Membran vorfindet. Nur in der Nähe des Afters ist die muskulöse Structur gewöhnlich wieder zu erkennen. Die Drüsenschicht, die unter ihr sich hinerstreckt, hat meistens eine gelbliche oder bräunliche Färbung. Sie ist gewöhnlich ganz einfach, nur in seltenen Fällen, z. B. bei dem Blutegel, in Form von folliculösen

---

*) Es geschieht sehr mit Unrecht, wenn man diesen Rüssel als Darm oder gar als Begattungsglied der Nemertinen deutet.

Blindschläuchen nach außen hervorgestülpt, wie wir es oben bei den Raubkäfern u. a. gesehen haben. Die innere Auskleidung des Darmes ist eine sehr zarte Zellenschicht, deren freie Fläche sehr häufig von schwingenden Cilien besetzt ist. Daß diese zur Fortbewegung des Chymus dienen und dadurch die Actionen der äußern Muskelhaut des Darmes unterstützen, kann wohl nicht geläugnet werden. Bei der geringen Entwicklung der letzteren muß solche Einrichtung an Werth noch mehr gewinnen. In manchen Würmern aber fehlt die Ciliarbekleidung, wie namentlich bei den Nematoden, obgleich dieselben in der äußern Schicht ihres Darmes keine muskulöse Textur erkennen lassen. Hier mögen dann die Contractionen des äußern Hautmuskelschlauches bei der Fortbewegung des Chymus eine Rolle spielen, wie auch in anderen Fällen, was man besonders bei dem saugenden Blutegel sehr schön beobachten kann. — In den meisten Würmern verläuft der Chylusdarm ganz gerade bis zum After. Ohne Windungen und Krümmungen durchsetzt er dann die Länge des Körpers. Mit einer veränderten Lage des Afters muß aber auch natürlich eine abweichende Anordnung des Darmes verbunden seyn. Bei den Bryozoen (vergl. Fig. 99), die in dieser Hinsicht am meisten sich auszeichnen, bildet der Darm eine einfache Schlinge, deren Convexität in einen ziemlich weiten, nach hinten sich hinab erstreckenden blindsackigen Anhang ausgezogen ist. Bei der verhältnißmäßig großen Körperlänge der Würmer und dem gewiß nicht sehr beträchtlichen Stoffumsatz derselben wird ein einfacher gerader Darm (vergl. Fig. 100) in den meisten Fällen für die nutritiven Bedürfnisse vollkommen ausreichen. Die Oberfläche desselben genügt für das Volumen des Körpers. Viel weniger günstig wird das Verhältniß bei den Würmern mit gedrungenem, kürzerm Leibe seyn. Und bei diesen finden wir denn auch wirklich mancherlei abweichende Anordnungen, die wohl vornehmlich eine Vergrößerung der verdauenden und aufsaugenden Fläche bezwecken.

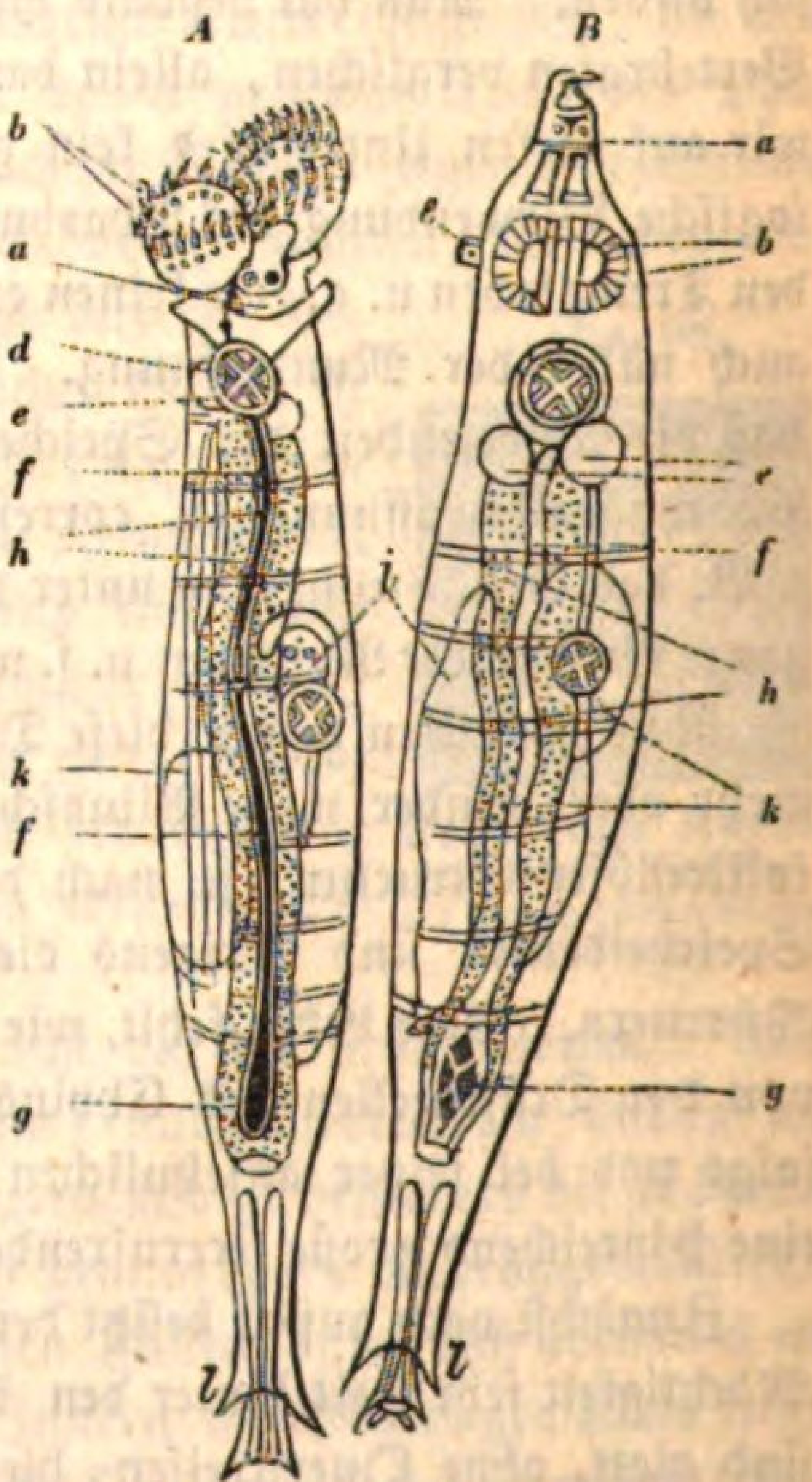
Fig. 99.



Bowerbankia.
a Pharynx mit Muskelmagen *b*. *c* Magenblindsack. *d* Afterdarm.

Auf zweierlei Weise wird nun unter solchen Umständen die resorbirende Darmfläche vergrößert. Entweder dadurch, daß der Darm sich verlängert, oder daß er seitliche blindsackförmige Ausstülpungen treibt. Im erstern Fall (bei den Kopfkiemern) zeigt er mancherlei kleinere oder größere Krümmungen, bisweilen auch sehr regelmäßige enge Spiralen. Im andern Falle ist die Möglichkeit der Variationen noch viel größer. Bald sind die seitlichen Erweiterungen nur kurz und weit und concentrisch, so daß der Darm dadurch eine rosenkranzförmige Gestalt annimmt (bei manchen Rückenkiemern), bald sind sie länger, aber immer noch weit und blindsackförmig (bei dem Blutegel), bald enger, fast gefäßartig und dann gewöhnlich verästelt (bei Clepsine, Aphrodite, Nemertes u. s. w.). Diese letztere

Fig. 100.



Räderthiere, Rotiferae.
a Kopf mit Augenpunkten; *b* Räderapparat, bei *A* ausgestülpt, bei *B* eingezogen; *c* Nackenröhre, sipho, zum Einlassen des Wassers in die Leibeshöhle; *d* Zahnapparat; *e* Speicheldrüsen; *f* Darm mit Enderweiterung *g* und Leberbelag *h*; *i k* Junge im Innern der Leibeshöhle in verschiedener Entwicklung, zum Theil schon mit Zahnapparat; *l* Schwanzspitze.

Einrichtung bietet in physiologischer Hinsicht noch den Vortheil, daß die Nahrungsmittel dadurch zu einem längern Verweilen im Darme gezwungen werden und deßhalb denn auch vollständiger ausgenutzt werden können, als wenn sie geraden Weges und schnell hindurchpassirten. Noch nach Monaten trifft man z. B. bei dem Blutegel die Ueberbleibsel der genossenen Blutkörperchen in den Säcken. Da nun überdieß die animalische Kost nur wenige völlig unbrauchbare Sustanzen enthält, so wird bei solcher Anordnung die Menge der Fäcalmassen nur sehr gering seyn. Hiermit scheint es denn zusammenzuhängen, wenn wir bei einigen solcher Würmer, bei den Planarien und Trematoden, eine völlige Abwesenheit des Afters antreffen. Der Darm derselben ist beständig verästelt, wenn auch in verschiedener Weise. Bei den Trematoden spaltet er sich sehr bald nach seinem Ursprung aus dem Pharynx in zwei einfache Schenkel, die nach hinten hinablaufen, zu denen bei den Planarien wegen der Lage des Mundes noch ein dritter nach vorn gerichteter Blinddarm hinzutritt. In den kleineren Planarien confluiren diese drei Därme, die sehr weit sind, zu einer fast gemeinschaftlichen sackartigen Höhle, während sie bei den größeren Arten, denen eine derartige Darmfläche nicht genügen würde, als isolirte Stämme erscheinen, die gefäßartig sind und durch den ganzen Leib sich verästeln. Auch bei den Trematoden (und gleichfalls namentlich bei den größeren Formen) sind seitliche Verästelungen der beiden Darmschenkel nicht selten.

Fig. 101.



Planaria, mit Rüssel und verästeltem Darm. Bei *a* die Augen.

Die darmlosen Würmer (Hakenwürmer und Bandwürmer), die nur in parasitischer Lebensweise die Bedingungen ihrer Existenz finden können, entbehren aller Organe für die Chymification. Ihre Nahrungsstoffe werden bereits in einem Zustande aufgenommen, in dem sie keiner weitern Zubereitung und Veränderung bedürfen. Sie treten auf endosmotischem Wege in den Körper und sammeln sich in der Leibeshöhle.

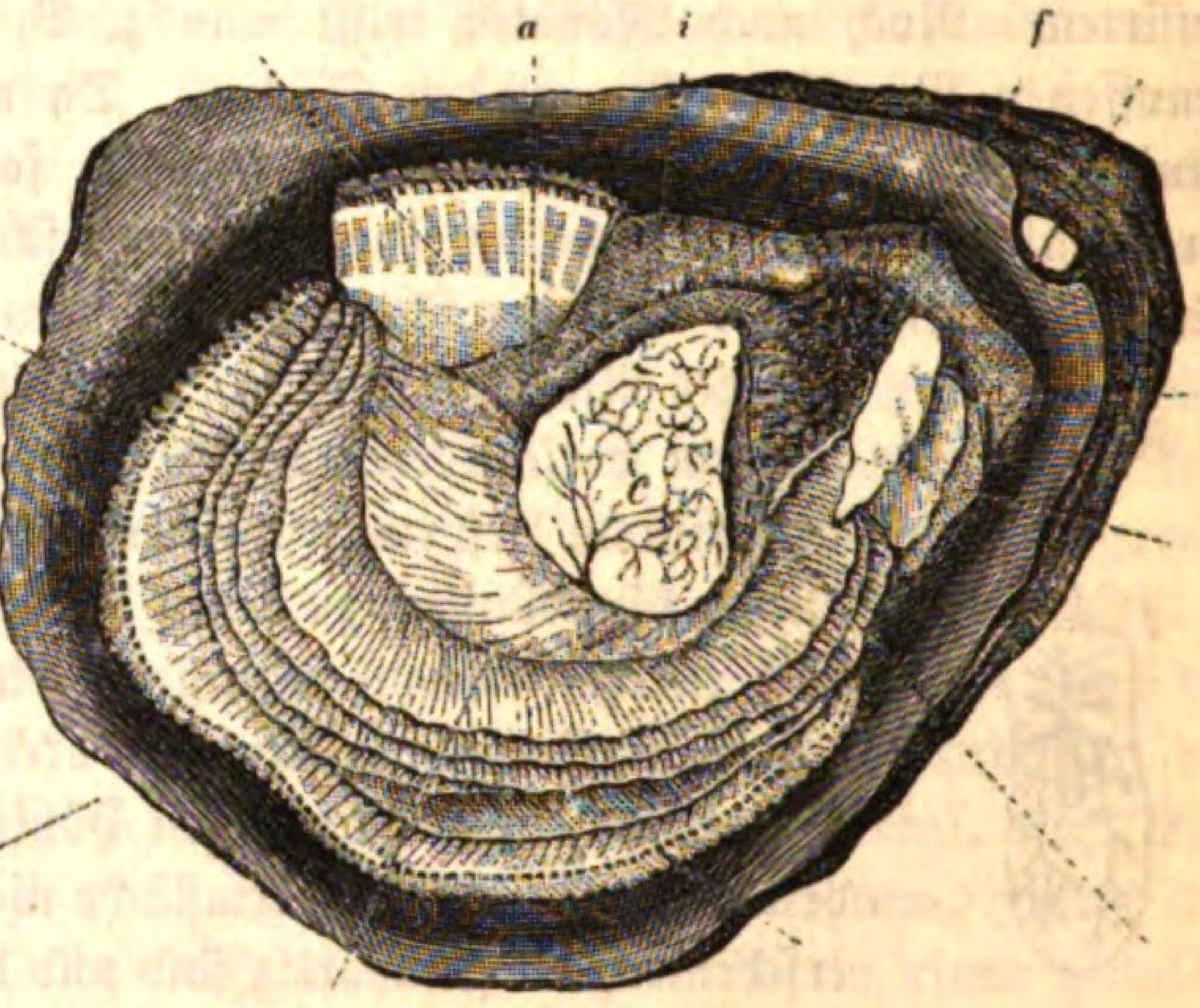
Bei den Hakenwürmern ist diese sehr geräumig und im Allgemeinen von der Form des Körpers, bei den Bandwürmern (Fig. 22) aber bis auf einige (2, 4 oder 8) Längskanäle eingeschrumpft, die durch quere Anastomosen zu einem gemeinsamen System unter sich zusammenhängen und von einer besondern structurlosen Membran ausgekleidet sind. Nur im Vordertheile des Körpers, in dem sog. Halse, findet sich bei einigen Arten noch eine größere Höhle ohne besondere Auskleidung, in welche die Längsstämme einmünden. In solcher Weise bildet die Leibeshöhle ein Reservoir für den Chylus, der durch die Contractionen des Hautmuskelschlauches in derselben auf- und abbewegt wird und dadurch in die verschiedensten Theile des Körpers gelangt. Bei Echinococcus, einer sehr kleinen, verkümmerten Bandwurmform, fehlt sogar diese Leibeshöhle vollkommen: das Thier ernährt sich in derselben Weise, wie ein einfacher elementarer Bestandtheil des Körpers, in welchem er vorkommt, wie eine Zelle oder ein Muskelprimitivbündel u. dgl.

Wie bei den Würmern, so ist auch in der Abtheilung der Mollusken die Nahrung fast ausschließlich eine animalische. Eigentliche Pflanzenfresser sind bloß die sog. Lungenschnecken, deren meiste Arten auf dem Lande leben, wo sie wohl schwerlich bei der Langsamkeit ihrer Bewegungen eine hinreichende Menge thierischer Substanzen zur Nahrung beschaffen könnten, wenn sie sich nicht etwa mit dem Fleische gefallener größerer Geschöpfe hätten begnügen wollen.

Bei den übrigen Mollusken besteht die Kost aus lebendigen Thieren, zu deren Fang sie mit verschiedenen Organen ausgestattet sind. Wo die Entwicklung des Körpers eine noch verhältnißmäßig rasche Bewegung gestattet, da findet sich zu diesem Zwecke ein Pharynx, wie bei den Würmern, der sich im Innern sehr gewöhnlich mit hornigen, zum Ergreifen und Festhalten der Beute geschickten Apparaten, mitunter auch mit einem förmlichen Rüssel versieht. Im andern Falle sind zum Zwecke der Nahrungsaufnahme besondere äußere Organe entwickelt, die in der Nähe der Mundöffnung liegen. So bei den zweischaligen Muscheln die blatt- oder tentakelförmigen Anhänge der Mundwinkel (Fig. 102. t), die mit einer Ciliarbekleidung versehen sind und dadurch die Nahrungsstoffe dem Munde zuführen. Diese werden theils direct aus

dem umgebenden Wasser genommen, theils auch aus der Kiemenhöhle, in welche sie durch die Athembewegungen und die davon abhängigen Strömungen des Wassers hineingerathen sind. Aehnlich ist es bei den Tunicaten, deren Tentakel zwei langgestreckte schmale Falten darstellen, die eine Rinne zwischen sich lassen und die ganze Kiemenhöhle durchsetzen. Nach der Entwicklung dieser Fangapparate richtet sich natürlich die Beschaffenheit der Nahrung. Während die letzteren Mollusken dadurch nur kleine und leichte Körper gewinnen können, sind die ersteren im Stande, gleich Raubthieren größere Geschöpfe anzufallen und zu überwältigen. Den Cephalopoden (vgl. Fig. 30) mögen dabei auch die am Kopfe befestigten sehr beweglichen und mit Saugnäpfen versehenen Arme zu Statten kommen, um so mehr, als dieselben bei einer ansehnlichen Länge die Möglichkeit eines reichen Fanges sichern. Und die Bedürfnisse dieser Thiere werden, nach den gesammten Lebenserscheinungen zu schließen, gewiß verhältnißmäßig größer seyn, als z. B. die der Bivalven. Wohl schwerlich würde irgend ein Kopffüßler mit dem Fangapparate dieser letztern existiren können.

Fig. 102.

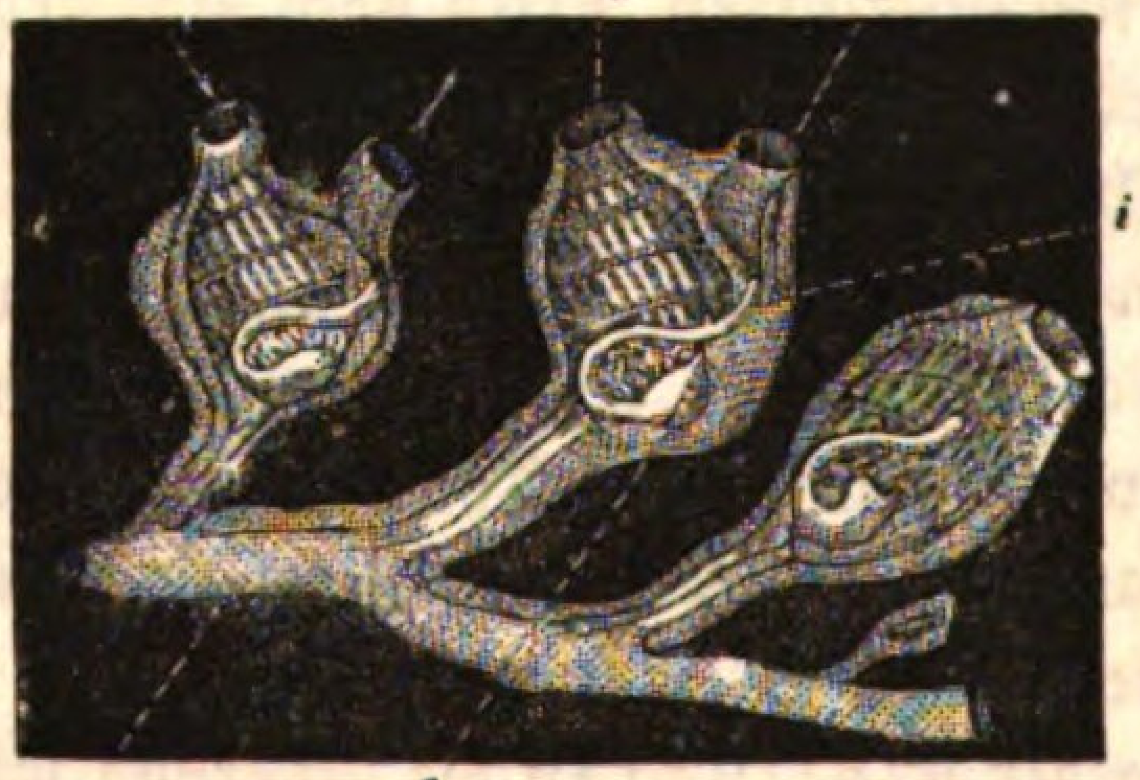


Auster, Ostrea edulis.

b Mund mit den Tentakeln t; f Leber; i Darm; a After.

Der Verdauungskanal der Mollusken ist beständig*) zwischen Mund und After ausgespannt. Der erstere hat seine Lage, wie gewöhnlich, an dem vordern Leibesende (bei den Tunicaten im Grunde der Kiemenhöhle), während der letztere sehr häufig, bei den meisten Gasteropoden, seine Lage am Hinterleibsende aufgibt und mehr oder minder weit in die Nähe des Mundes rückt. Offenbar hängt diese Lagenveränderung mit dem gesammten äußern Bau der Gasteropoden, namentlich auch mit der Anordnung der Schale und des Fußes zusammen. In den meisten Arten liegt der After an der rechten Seite. Sehr häufig führt der After der Mollusken aber nicht direkt nach außen, sondern in den Abzugskanal der Kiemenhöhle, die sog. Cloake, durch welche dann die Fäces fortgespühlt werden. Daß wir in den Ascidiencolonien mit sternförmig gruppirten Individuen für jede Gruppe nur eine einzige solche Cloake antreffen, die im Centrum liegt, kann uns nicht mehr in Erstaunen setzen, seit wir wissen, daß eine jede dieser Gruppen aus einem gemeinsamen Keime hervorgegangen ist.

Fig. 103.



Zusammengesetzte Ascidien.

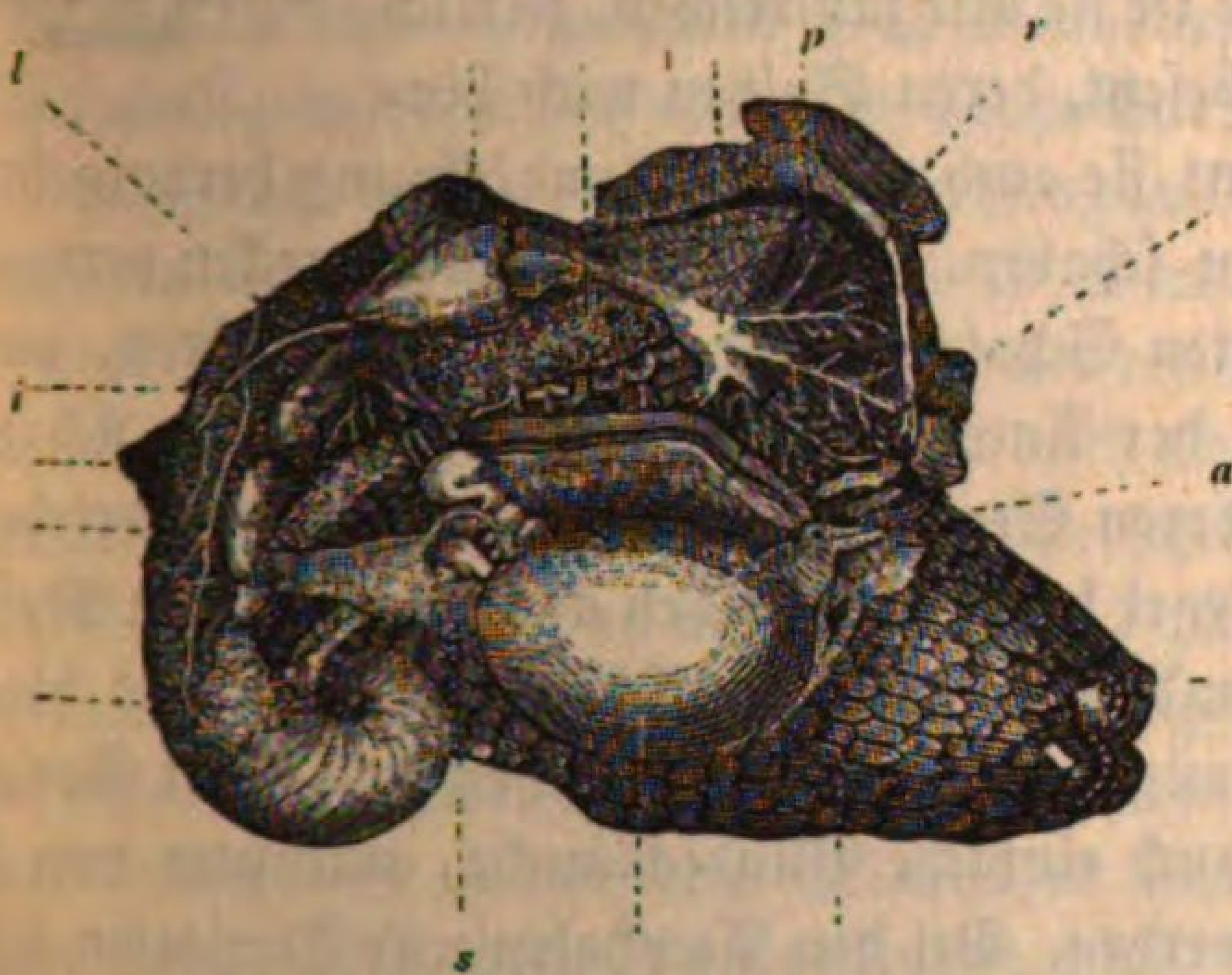
a Kloaköffnung; b Oeffnung der Kiemenhöhle, in deren Grunde der Mund liegt; e Magen; i Afterdarm.

Aus der kurzen und gedrungenen Gestalt der Mollusken resultirt es, daß der Darm die Länge des Körpers um das Doppelte oder Dreifache übertrifft. Wollte man daraus folgern, daß diese Thiere einen relativ längern Darm besäßen, als etwa die Würmer, so würde man sicherlich irren. Die nutritiven Bedürfnisse des thierischen Leibes, denen durch die resor-

*) Fälschlich behauptet man bei einigen kleineren nackten Gasteropoden (den sog. Phlebenteraten) die Abwesenheit eines Afters.

birende Darmfläche Genüge geschieht, richten sich ja nicht, wie schon mehrfach erwähnt werden mußte, nach der Längendimension, sondern nach dem Volumen. Formte man aus der Körpermasse der Schnecke den langgezogenen cylindrischen Leib eines Wurmes, so würde ein gerader Darm gewiß vollkommen genügen. Die Beschaffenheit der Nahrungsmittel bei den verschiedenen Arten scheint auf die Länge des Darmes eben keinen sehr beträchtlichen Einfluß auszuüben. Namentlich ist auch bei den pflanzenfressenden Arten der Darm nicht in dem Verhältniß länger, wie wohl bei anderen Thieren. Damit aber daraus für die Ernährung kein Nachtheil entstehe, sind diese Geschöpfe außerordentlich gefräßig. — Die Windungen des Darmes bilden mit den übrigen Eingeweiden, wenigstens mit dem Genitalapparate (da das Herz bei den Cephalophoren von denselben abgetrennt ist), eine gemeinsame compacte Masse, welche die Leibeshöhle ausfüllt. Bei den Bivalven geschieht dieses in vielen Fällen so vollkommen, daß man kaum noch von der Anwesenheit einer besondern Leibeshöhle sprechen kann. Wo die Wandungen des Körpers dagegen nicht unmittelbar auf den Eingeweidemassen aufliegen, da sind diese von einem eignen zellgewebigen Ueberzuge bedeckt, von dem zahlreiche Bänder und Brücken theils nach außen, theils auch nach innen gehen, um dieselben in ihrer Lage zu erhalten. Bei den Cephalopoden erhalten diese Bänder zum Theil das Ansehen von förmlichen Mesenterien. Ebenso entwickelt sich bei diesen Thieren, wie den Gasteropoden eine Art Zwerchfell, durch welches die Leibeshöhle in einen vordern und hintern Abschnitt zerfällt, deren letzterer sich durch größere Geräumigkeit auszeichnet und auch die Hauptmasse der Eingeweide enthält.

Fig. 104.



Anatomie der Gartenschnecke (Helix).
a After; *p* Lungenhöhle; *r i* Darm mit Magen *s*; und Leber *l*.

Die Gasteropoden und Cephalopoden, die vom Raube sich nähren, besitzen ohne Ausnahme hinter der Mundöffnung einen sehr muskulösen Pharynx, der zum Fang und zur weitern Bearbeitung der Beute dient und zu diesem Zwecke noch mit besonderen verschieden geformten hornigen Theilen im Innern ausgerüstet ist. Die gewöhnliche Form des Pharynx ist die ovale. Er ist ein kurzer und dicker Abschnitt, dessen vorderer Rand im Umkreis der Mundöffnung lippenförmig vorspringt und wohl selbst mit Hülfe besonderer Muskeln noch weiter hervorgezogen werden kann. Die größeren Arten der Kammkiemer besitzen einen eignen Rüssel, wie die Planarien, der an der Ursprungsstelle des Oesophagus sich festheftet und von da bis zur Mundöffnung reicht, aus der er hervorgestreckt werden kann. Indem sich dabei auch der Pharynx nach außen umstülpt, gewinnt natürlich der ganze Apparat an Länge und Brauchbarkeit.

Die Horngebilde des Pharynx erscheinen hauptsächlich in doppelter Form, als kieferartige Gebilde und als sog. Reibplatte oder Zunge. Die Kiefer bestehen aus zwei seitlichen Fortsätzen, die sich zangenartig gegen einander bewegen, sonst aber sehr verschieden geformt sind und sich hiernach bald mehr zum Ergreifen und Festhalten, bald mehr zum Abschneiden und Zerkleinern der Nahrungsmittel eignen. Bei den pflanzenfressenden Pulmonaten sind sie sehr rudimentär oder noch häufiger vollkommen abwesend. Statt ihrer findet sich dann eine einfache und unpaarige Platte von halbmondförmiger Gestalt, die von der obern Wand des Pharynx herabhängt und hierdurch, wie durch die Zähnelung am untern freien Rande, zum Benagen der Pflanzen besonders geschickt wird. Die Kiefer der Cephalopoden, die mit ihren stark gekrümmten Spitzen äußerlich hervorragen, stehen gleichfalls in der Me=

dianlinie des Körpers und bewegen sich, wie die Schnabelhälften der Vögel, senkrecht gegen einander. Mächtige Muskelmassen dienen zur Bewegung des Apparates. Weit manchfaltiger noch als die Form dieser Kiefer ist die Entwicklung und der Bau der Reibplatte, die am Boden des Pharynx auf einer besondern fleischigen Hervorragung aufsitzt. Bald erscheint dieselbe kurz und breit, bald lang und schmal, ja selbst länger als der ganze Körper, so daß sie den Pharynx durchbrechen muß, um in der Leibeshöhle Platz zu finden. Die Hauptaufgabe der Reibplatte ist es wohl, die Nahrungsmittel in den Pharynx hineinzuziehen. Zu diesem Zwecke ist sie mit zahlreichen, zierlich geordneten Leisten, Schuppen und Zähnen besetzt, deren Spitzen nach hinten gerichtet sind. In manchen Arten scheint sie auch aus der Mundöffnung hervorgestreckt zu werden, um an den Nahrungsmitteln zu schaben. Ja, einige Raubschnecken verdanken diesem Gebilde selbst die Fähigkeit, die harten Schalen anderer Thiere anzubohren, um in den Besitz der Insassen zu kommen. Nach der Anwesenheit des Pharynx richtet sich auch das Vorkommen von Speicheldrüsen, deren Secret vielleicht zu den eben beschriebenen Horngebilden eine Beziehung hat. In der Regel bestehen dieselben aus zwei lappigen Massen, die zu den Seiten des Oesophagus liegen und mit ihren Ausführungsgängen das hintere Ende des Pharynx durchbohren. Die achtarmigen Cephalopoden besitzen zwei Paar Speicheldrüsen. In anderen Fällen sind dieselben auch einfache Blindschläuche, mitunter von sehr geringer Größe, so daß sie leicht übersehen werden. Bei den Acephalen und Tunicaten fehlen Pharynx mit Speicheldrüsen. Die Substanzen, welche dieselben als Nahrung genießen, bedürfen keiner weitern Zubereitung. Die Veränderungen im Darmkanale genügen, um sie für die Resorption bereit zu machen.

Fig. 105.



Kiefer d. Tintenfisches.

Der eigentliche Darmkanal erweitert sich überall nach einem längern oder kürzern Verlauf zu einem besondern Magen, wie bei den Wirbelthieren, und zerfällt dadurch in drei hinter einander gelegene Abschnitte, die übrigens in physiologischer Hinsicht von den entsprechenden Theilen der Wirbelthiere vielleicht in Etwas verschieden sind.

Das Drüsenepithelium des Darmes ist stark entwickelt, wenigstens im Magen und Darm, wo man mitunter sogar wirkliche folliculöse Drüsen wahrnimmt. Im Innern ist gewöhnlich eine Flimmerbekleidung, obgleich die äußere Darmwand meist deutlich eine muskulöse Structur erkennen läßt. Eine isolirte Leber ist fast in allen Mollusken entwickelt.

Der Oesophagus hat eine sehr verschiedene Länge. Bei den Blattkiemern namentlich ist er von einer außerordentlichen Kürze (wohl wegen der Gestalt des Körpers und der Abwesenheit eines Kopfes), bei den Cephalopoden dagegen sehr lang. In solchen Fällen erweitert er sich am hintern Ende nicht selten zu einem kugeligen oder birnförmigen Kropf,*) der übrigens in Auftreten und Entwicklung mancherlei Schwankungen zeigt, ohne daß wir dieselben physiologisch zu erklären vermöchten. Der Magen ist in den meisten Fällen eine einfache Erweiterung des Darmes. So besonders bei den Acephalen, während die übrigen Mollusken, die eine andere, festere Nahrung genießen, nicht selten eine abweichende Form und Anordnung bieten. Damit die Speise eine längere Zeit der Einwirkung des Magens ausgesetzt sey, ist derselbe nach unten oft in einen mehr oder minder langen und weiten Blindsack ausgezogen. In anderen Fällen ist die Muskelhaut des Magens zu einer fleischigen Wand geworden, die eine weitere mechanische Behandlung der Nahrungsmittel möglich macht und hierbei gewöhnlich von einer derben und festen Epithelialbekleidung unterstützt wird. Diese bildet bald eine zusammenhängende und gefaltete Platte (bei den Cephalopoden, Tethys u. a.), bald einzelne Plättchen, Leisten und Zähne (bei den beschalten Pteropoden und vielen Nacktschnecken). Die Form dieses Muskelmagens ist sehr verschieden. In dem

---

*) In manchen Fällen, und besonders bei den Gasteropoden mit zusammengesetztem Magen, hat man diesen Kropf als Magenerweiterung gedeutet.

einen Falle ist er rund und sackförmig, in dem andern cylindrisch oder selbst ringförmig. Dicht hinter demselben findet sich übrigens gewöhnlich noch ein zweiter Magen mit dünneren Wandungen und starker Drüsenschicht, etwa dem Laabmagen der Wiederkäuer vergleichbar. In ihm geht wohl erst die eigentliche Verdauung vor sich, während die Leistungen des Muskelmagens sich auf eine mechanische Zerkleinerung beschränken. In seiner Form zeigt der Chylusmagen einen manchfachen Wechsel. Bald ist er rundlich oder oval, bald hat er die Gestalt eines Blindsackes oder Blinddarmes, der sich mitunter selbst spiralig aufrollt (bei manchen Cephalopoden).

Fig. 106.



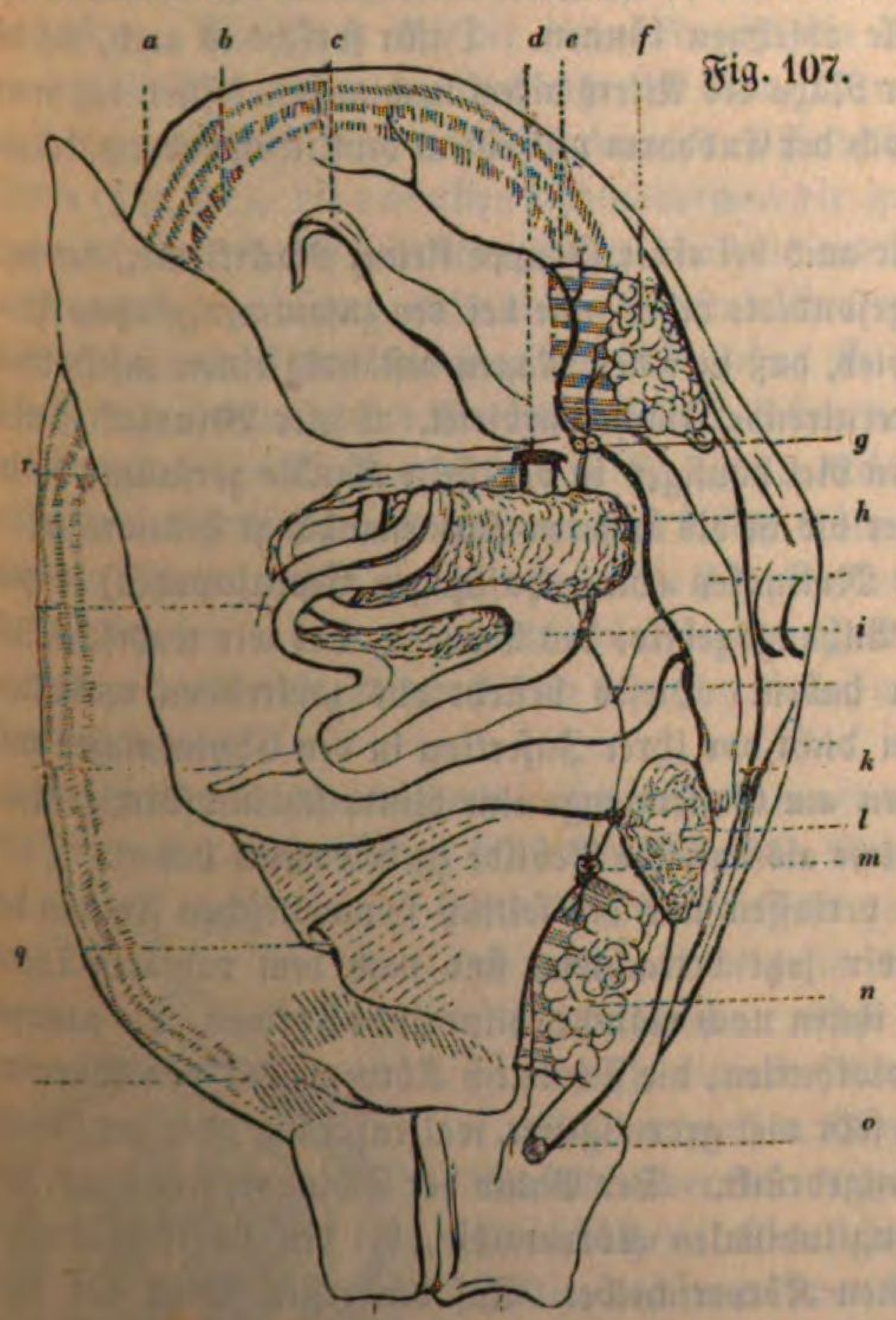
Verdauungsorgane einer Landschnecke, Tebennophorus Caroliniensis.

m Pharynx; *g* Oesophagus mit den Speicheldrüsen; *s* Magen; *i* Darm; *l* Leber.

Der eigentliche Darm der Mollusken verläuft ohne weitere Abtheilungen bis zum After. Höchstens ist er am hintern Ende etwas erweitert und von gestrecktem Verlaufe, wie ein Mastdarm. Der After besitzt einen deutlichen Sphincter oder auch (bei den Cephalopoden) zwei kleine zipfelförmige Anhänge zum Verschließen seiner Oeffnung.

Welche Bewandtniß es mit dem sog. Krystallstil habe, einem eigenthümlichen glashellen Körper von sulziger oder knorpliger Beschaffenheit und einer meist cylindrischen Form, der bei den meisten Blattkiemern dicht hinter dem Pylorus in einer besondern blinddarmigen Tasche (Fig. 106. i) vorgefunden wird, ist gänzlich unbekannt. Er kann weder, wie man vermuthet hat, die Ausführungsöffnungen der Leberschläuche verschließen, noch als Triturationsapparat dienen, wie die Bewaffnung des Muskelmagens bei den Cephalophoren. Das Erstere ist wegen der Lage, das Andere wegen der physikalischen Beschaffenheit unmöglich. Die Nahrung der Blattkiemer macht überdieß ein derartiges Gebilde unnöthig. Da er mitunter in den verschiedenen Individuen derselben Art große Verschiedenheit zeigt, sollte man fast vermuthen, daß er ein Depot bestimmter Substanzen sey, die späterhin zu diesem oder jenem Zwecke verwendet werden, wie z. B. die sog. Krebssteine mancher 10füßig. Krebse.

Fig. 107.



Anatomie eines Blattkiemers.

a Schaale; *b* Mantel; *c* Tentakel; *d* Mund; *e* Nerven; *f* vorderer Schließmuskel; *g* Schlundganglien; *h* Magen mit der Leber; *i* Blindsack mit Krystallstil; *k* Darm; *l* Genitaldrüse; *m* Kiemenganglien; *n* hinterer Schließmuskel; *o* After; *p* Sipho; *q* Kiemen; *r* Fuß.

Die gallenbereitenden Hülfsapparate der Verdauung bilden, wie schon erwähnt ist, in fast allen Mollusken besondere äußere Anhänge des Darmes, die noch dazu sehr gewöhnlich eine ansehnliche Größe besitzen. Gegenüber den übrigen Wirbellosen und namentlich den Arthropoden zeichnen sich die Mollusken in dieser Beziehung so auffallend aus, daß man von ihnen behaupten könnte, sie seien mit vorzugsweise entwickelten nutritiven Apparaten versehen, obgleich

diese doch sicherlich bloß den Anforderungen des Stoffwechsels entsprechen. Die Anwesenheit einer gesonderten Leber bei den Mollusken ist um so auffallender, da der Darm doch keineswegs verhältnißmäßig etwa kürzer ist, als z. B. bei den Würmern. Ob dieselbe vielleicht in besondern Leistungen der Galle ihren Grund habe, ob sie durch anderweitige Verhältnisse nothwendig werde, wissen wir noch nicht zu entscheiden. Nicht unwichtig aber erscheint uns der Umstand, daß in den wenigen Fällen (bei den zusammengesetzten Ascidien), wo eine eigene Leber fehlt, nur der Magen mit einem gelblichen Leberepithelium versehen ist, daß dieselbe ferner bei den Zweischalern u. m. a., wo sie nur wenig entwickelt ist, als ein zottiger oder folliculöser Ueberzug des Magens erscheint. Sollte sich daraus folgern lassen, daß von allen Abtheilungen des Darmes allein der Magen eine physiologische Beziehung zu der Leber hat, so wäre die sehr allgemeine Anwesenheit eines gesonderten gallebereitenden Organes allerdings wohl eher zu verstehen, da der Magen eine verhältnißmäßig nur kleine Oberfläche besitzt.

Von jener folliculösen Anordnung der Leber bis zu einer vollkommenen parenchymatösen Beschaffenheit finden sich in der Abtheilung der Mollusken alle möglichen Uebergänge, je nach den Bedürfnissen. Es würde uns zu weit führen, hierauf näher einzugehen. Wir wollen bloß erwähnen, daß im letztern Falle die Leber bald eine einfache ungetheilte Masse ist, bald auch in mehrere zwischen den Darmwandungen eingebettete Haufen zerfällt. Gewöhnlich finden sich dabei zwei Gallengänge, die unmittelbar in den Magen oder dicht hinter demselben einmünden. Wenn es wahr ist, daß diese in einigen Fällen erst in den Enddarm sich einsenken (bei den Heteropoden), dann wird man für solche Fälle wohl kaum die Annahme von einer excretorischen Bedeutung der Galle ablehnen können. Dafür spricht es auch, daß bei Doris ein eigner Gallengang sich in der Nähe des Afters direct nach außen öffnet, daß ferner bei Clavelina außer dem Magen auch noch der Enddarm mit einem deutlichen Leberepithelium versehen ist.

Eine abweichende Bildung sehen wir auch bei einer Gruppe kleiner Nacktkieme., den sog. Phlebenteraten. Bei diesen fehlt eine gesonderte Leber, wie bei den zusammengesetzten Ascidien. Nur darin findet sich ein Unterschied, daß hier der Magen beständig einen ansehnlichen Blindsack besitzt, also eine größere secernirende Fläche darbietet. Dieser Blindsack ist nun aber keineswegs überall einfach, sondern viel häufiger in verästelte Kanäle zerfallen, die in dem Körper sich verbreiten und mitunter bis in die äußeren Kiemenanhänge hineinragen.

Die höchstentwickelten Formen der Mollusken (die zehnfüßigen Cephalopoden) besitzen außer der Leber auch noch ein anderes Anhangsgebilde des Darmes, das wir wahrscheinlich als Bauchspeicheldrüse zu deuten haben. Dieses besteht aus zahlreichen verästelten Blindschläuchen, die den Gallengängen dicht vor ihrer Insertion in den Chylusmagen aufsitzen. Auch einige Nacktschnecken besitzen am Gallengange eine blinde schlauchförmige Ausstülpung, doch steht es dahin, ob wir solche als dasselbe Gebilde zu betrachten haben.

Mit der Abtheilung der Mollusken verlassen wir die seitlich symmetrischen Formen der Thiere. Die Echinodermen, die wir jetzt betrachten, sind nach dem radiären Typus gebaut. Allerdings finden wir auch in ihnen noch manche cylindrische Formen, wie namentlich einzelne Sipunculiden unter den Holothurien, die sich durch Körpergestalt den Würmern annähern, allein gewöhnlich ist der Leib sehr viel gedrungener, walzenförmig oder gar kugelig und von vorn nach hinten sehr zusammengedrückt. Der Mund der Echinodermen liegt, wie gewöhnlich, am vordern Ende der longitudinalen Körperachse, bei den scheibenförmigen Arten also in dem Mittelpunkt der einen Körperscheibe. Auf den ersten Blick hat diese Lagerung des Mundes bei den Seesternen etwas sehr Auffallendes, namentlich wenn wir bedenken, daß die gewöhnliche Anordnung desselben, bei den höheren Thieren, durch die gewichtigsten physiologischen Gründe, und namentlich durch die Richtung der Bewegung, bestimmt ist. Die gesammte Locomotion der Thiere hat ja zunächst nur eine Beziehung für den Proceß der Nahrungsaufnahme: sie würde fehlen, wenn die Nahrungsmittel der Thiere

ebenso allgemein und gleichmäßig vertheilt wären, wie die Nahrungsmittel der Pflanzen. Da nun aber die Locomotion der Thiere sehr allgemein in der Richtung nach vorn geschieht, so ist es auch einleuchtend, warum gerade die vordere Lage der Mundöffnung sehr passend und natürlich sey. Und so namentlich bei denjenigen Thieren, die durch eine schnelle Bewegung sich auszeichnen.

Nun aber gehören die Echinodermen, und besonders die runden und scheibenförmigen Arten derselben, keineswegs zu den rasch beweglichen Thierformen. Sie sind sehr langsam und würden sich wohl kaum in den Besitz einer hinreichenden Menge von Nahrungsmitteln setzen können, wenn sie dieselben nicht durch die Gunst der äußeren Umstände in unmittelbarer Nähe vorfänden. In solchen Verhältnissen findet jene Lage der Mundöffnung ihre teleologische Rechtfertigung. Sie wird hier keineswegs diejenigen Nachtheile haben, die unter anderen Verhältnissen, bei anderm Nahrungsbedürfnisse, daraus entstehen würden. — Die Echinodermen, so haben wir eben gesagt, finden in ihren Bewegungen kein ausreichendes Mittel für die Herbeischaffung ihrer Nahrung. Es war unter solchen Umständen gewiß sehr zweckmäßig, sie noch auf andere Weise mit Apparaten auszustatten. Und diese finden wir denn auch in verschiedener, sehr wechselnder Anordnung. Bei den Seeigeln und Seesternen ist die ganze Oberfläche des Körpers mit zahlreichen kleinen und beweglichen zwei- oder dreiklappigen Zangen bedeckt, den sog. Pedicellarien, die jeden vorbeischwimmenden Körper, der in ihr Bereich kommt, festhalten und nach der Mundöffnung weiter befördern. In derselben Weise wirken die zarten Fühlerchen der festsitzenden Crinoïdeen, die sog. Ambulacra, die bei den übrigen frei beweglichen Echinodermen als locomotorische Apparate verwendet sind. Sie sitzen auf der freien Kopfscheibe des Körpers und verbreiten sich bis auf die einzelnen stachelförmigen Anhänge der Arme, deren Beweglichkeit ihren Werth natürlich um so mehr erhöhet, je weiter sich dadurch das Feld ihrer Thätigkeit ausbreitet. Die Holothurien (Fig. 42), die von allen Echinodermen die größte locomotorische Fähigkeit besitzen, tragen am Vorderende des Körpers, im Umkreis des Mundes, besondere Tentakel, die ihnen als Fangwerkzeuge dienen. Nur einige Sipunculiden entbehren derselben. Diese theilen dann Körperform und Sitten mit manchen Würmern; sie graben mit Hülfe eines vorstülpbaren Pharynx im Schlamm und Meeressande und füllen daraus den Darm mit allerlei organischen und unorganischen Substanzen. Die Speise der Echinodermen wird, wie es scheint, gleichmäßig dem thierischen und pflanzlichen Reiche entnommen. Sie besteht ebensowohl aus kleineren Thieren, deren sie sich durch ihre Fangapparate bemächtigen, aus Infusorien, Mollusken, Krebsen u. s. w., als auch aus Seegewächsen: aus Tang und Schwämmen. Um die letzteren zu bearbeiten, finden sich in manchen Arten noch besondere sehr stark entwickelte Masticationsorgane.

Nach seiner Anordnung erinnert der Darmkanal der Echinodermen sehr an die Würmer. Wir finden hier in der Regel denselben einfachen Bau, dieselbe Abwesenheit aller Anhangsgebilde. Er erscheint gewöhnlich als ein langgestreckter Kanal, an dem wir oftmals kaum einen besondern Pharynx unterscheiden können. Nur in den platten Formen der Seesterne ist eine abweichende Anordnung nothwendig geworden.

Fig. 108.



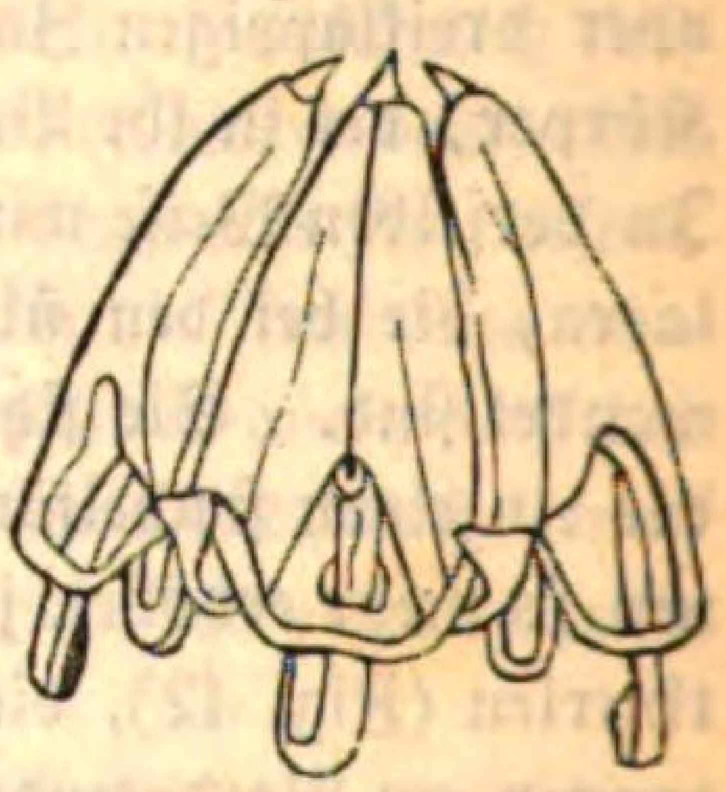
Darmkanal des Seesterns.
i Mundöffnung; *s* Magen; *o* Oesophagus; *l* Darm.

Bei der großen Kürze des Körpers kann nun aber der Darm der Echinodermen nicht mehr ganz gerade in der Längsachse hinabsteigen. Ein solcher Darm würde nur in den wenigsten Fällen den nutritiven Bedürfnissen genügen. Und deßhalb ist er denn auch fast immer länger als der Körper, schlingenförmig oder spiralig im Innern der Leibeshöhle gewunden. Zum Zwecke der Befestigung ist der Darm der Echinodermen an einem förmlichen, wenn auch nicht immer ganz vollständigen Mesenterium suspendirt, das von der Körperwandung ausgeht.

Es ist dasselbe um so nöthiger geworden, als die Leibeshöhle gewöhnlich sehr geräumig ist und durch die Eingeweide keineswegs vollständig ausgefüllt wird. Der After liegt in der Regel dem Munde gegenüber, bald in größerer, bald in geringerer Entfernung, je nach der Form des Körpers. In manchen Fällen nimmt er auch eine abweichende Lage ein, wie bei den Crinoideen, die mit dem hintern Körperpole festsitzen, bei Sipunculus und manchen Asteriden, von denen einige Arten sogar eines eigenen Afters entbehren, so daß der Darm ein blindes Ende hat.

Der Pharynx erreicht bei den Sipunculiden, wo er hervorgestülpt werden kann, seine größte Entwicklung. Er bildet hier ein längeres, scharf abgesetztes Rohr mit starken Musculi retractores und fester Auskleidung, welche letztere sich selbst bisweilen mit hornigen Vorsprüngen besetzt und dadurch zu einem wirksamen Reibapparat wird. In den übrigen Echinodermen ist derselbe weniger beträchtlich und öfters nur durch einen stärkern Muskelbelag von dem eigentlichen Darm unterschieden. Er besorgt dann nur noch das Niederschlucken der Nahrung. Im Umkreis des Pharynx finden sich bei den Holothurien fünf Knochenstücke, die durch Muskelmasse damit zusammenhängen und die Wirkung desselben wohl erhöhen mögen. Ebenso bei den Echiniden, bei denen aber diese Stücke einen zusammengesetztern Bau haben und an der innern Fläche mit einem langen und kräftigen Schmelzzahn versehen sind. Die Spitzen dieser Zähne haben die Wandungen des Pharynx durchbrochen und ragen äußerlich aus dem Munde hervor, nur von einer lippenförmigen Kreisfalte umgeben. Ein complicirtes Muskelsystem dient zur Bewegung des ganzen sehr künstlichen Apparates. Eine weit weniger zusammengesetzte Einrichtung ähnlicher Art besitzen die Seesterne, bei denen das äußere Hautskelet mit fünf harten, mitunter gezähnelten Fortsätzen in die Mundöffnung vorspringt.

Fig. 109.



Kauapparat des Seeigels.
(Laterne des Aristoteles.)

Der eigentliche Darm der Echinodermen ist gewöhnlich sehr einfach und namentlich bei den Holothurien ohne weitere Abtheilungen. Nur ein kurzer Enddarm läßt sich hier noch unterscheiden, eine sog. Kloake, deren abweichende Entwicklung durch die Verwendung desselben als Pumpwerk für die wasserführenden Respirationsorgane (s. später) nothwendig geworden ist. In anderen Fällen läßt sich auch eine mittlere Magenerweiterung unterscheiden, wie bei den Seeigeln (Fig. 108. s), wo dieselbe darmförmig ist und mit einem Blindsack beginnt, oder den Seesternen, wo sie, nach den räumlichen Verhältnissen des Körpers, einen sehr kurzen, aber auch sehr weiten Sack darstellt, der die ganze centrale Leibeshöhle ausfüllt und, wie bereits erwähnt ist, häufig selbst der Afteröffnung entbehrt (namentlich bei den Ophiuren). Damit dieser Magensack nun aber eine möglichst große Fläche erhalte, zerfällt er nicht selten in weite, peripherische Blindsäcke, meist in zehn, die sich bei den größeren Arten mit Nebensäckchen versehen oder gar zu förmlichen traubenförmigen Anhangsdrüsen werden, die man als gallenbereitende Organe deuten muß. Die übrigen Echinodermen, die einen gestreckten Darmkanal besitzen, bedürfen solcher Anhangsgebilde nicht, weil bei ihnen das Größenverhältniß zwischen Darmfläche und Körpervolumen weit günstiger ist und die erstere schon ohne weitere Vorrichtung den Bedürfnissen genügt. Neben den Lebern finden sich bei den größeren Seesternen auch noch andere, kürzere Anhangsgebilde des Darmes, die sog. Interradialblinddärme, die wir als Excretionsorgane anzusehen haben.

In den bisher betrachteten Abtheilungen des Thierreiches trafen wir überall trotz der manchfaltigen sehr beträchtlichen Verschiedenheiten im Einzelnen eine vollkommene Uebereinstimmung der fundamentalen, anatomischen und physiologischen Verhältnisse des Verdauungsapparates. Ueberall (mit Ausnahme der darmlosen Eingeweidewürmer) bestand derselbe aus einem eigenen meist cylindrischen Apparate, der die Nahrungsstoffe durch eine äußere Mundöffnung aufnahm und im Innern zur weitern Ueberführung in den Körper

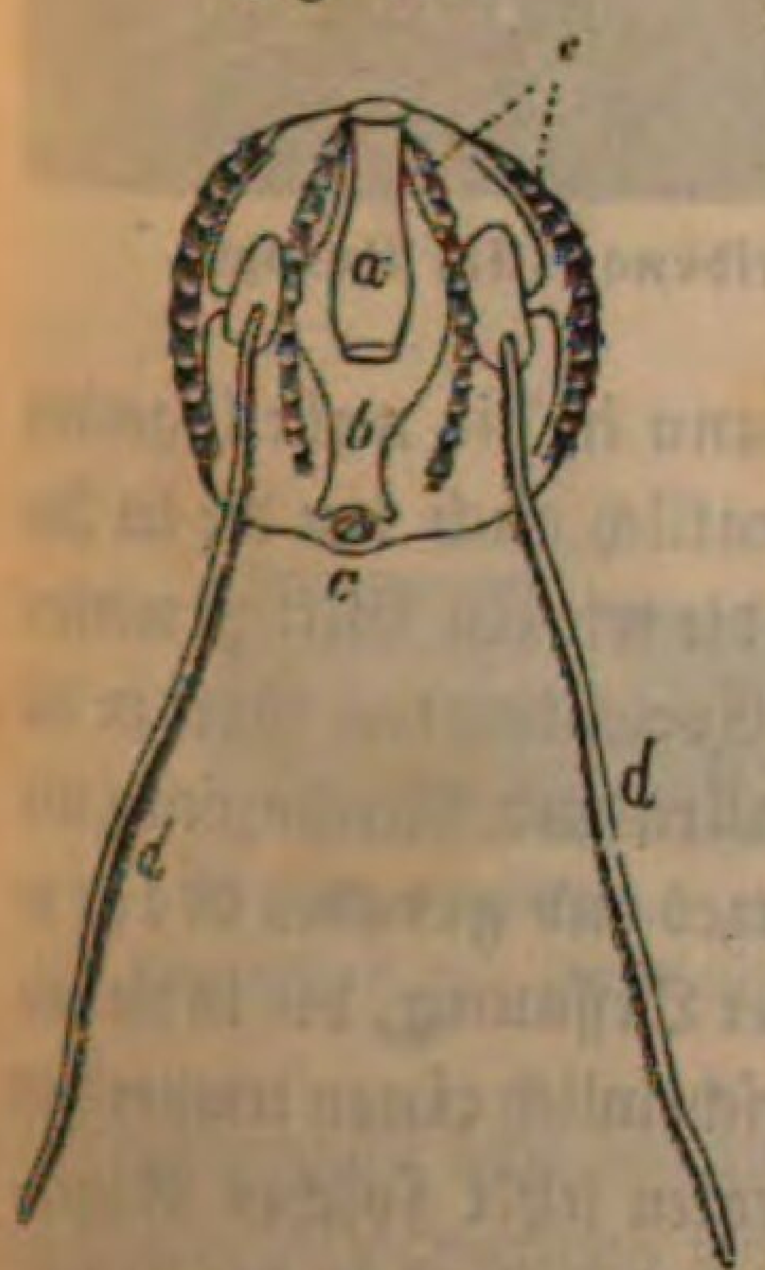
zubereitete. Mit den übrigen nutritiven Apparaten und namentlich dem Gefäßsysteme war derselbe in keinem unmittelbaren Zusammenhang. Der Verdauungsapparat blieb nach allen Seiten geschlossen und nur nach den Gesetzen der Endosmose konnte es geschehen, daß das Product des Verdauungsprocesses, der Chylus, in den Körper eintrat, um hier, je nach den Bedürfnissen, in passender Weise zur Ernährung verwendet zu werden.

Ganz anders aber ist es bei den wenigen übrigen Abtheilungen der Thiere. Hier steht der Verdauungsapparat, wenn er als ein gesondertes Gebilde vorhanden ist, in einem unmittelbaren Zusammenhang mit den Organen des Kreislaufes. Noch häufiger aber fehlt er selbst in dieser Form vollkommen. Der Apparat für die Verdauung und die Blutbewegung wenn wir überhaupt noch von solchen sprechen können, fällt dann in Eins zusammen.

Die teleologische Bedeutung dieser merkwürdigen Anordnung kennen wir bis jetzt noch eben so wenig, wie die daraus etwa resultirenden Abweichungen in den physiologischen Verhältnissen und Lebenserscheinungen. Jedenfalls aber wird solche Einrichtung mit einer weit weniger vollkommenen Sanguification verbunden seyn müssen, als die gewöhnliche Anordnung. Für die betreffenden Geschöpfe indessen wird diese völlig ausreichen.

Betrachten wir zunächst die **Coelenteraten**, die aus den Akalephen und Polypen (Anthozoen) bestehen, und mit den Echinodermen den strahligen Bau des Körpers und die

Fig. 110.



Cydippe.

d Fangfäden; a Magenrohr; b Leibeshöhle; c Gehörorgan; e Rippen.

Fig. 109. b



Kopfscheibe eines Blumenpolypen (Actinia),

mit Mund und Tentakeln im Umkreis.

Fig. 111.



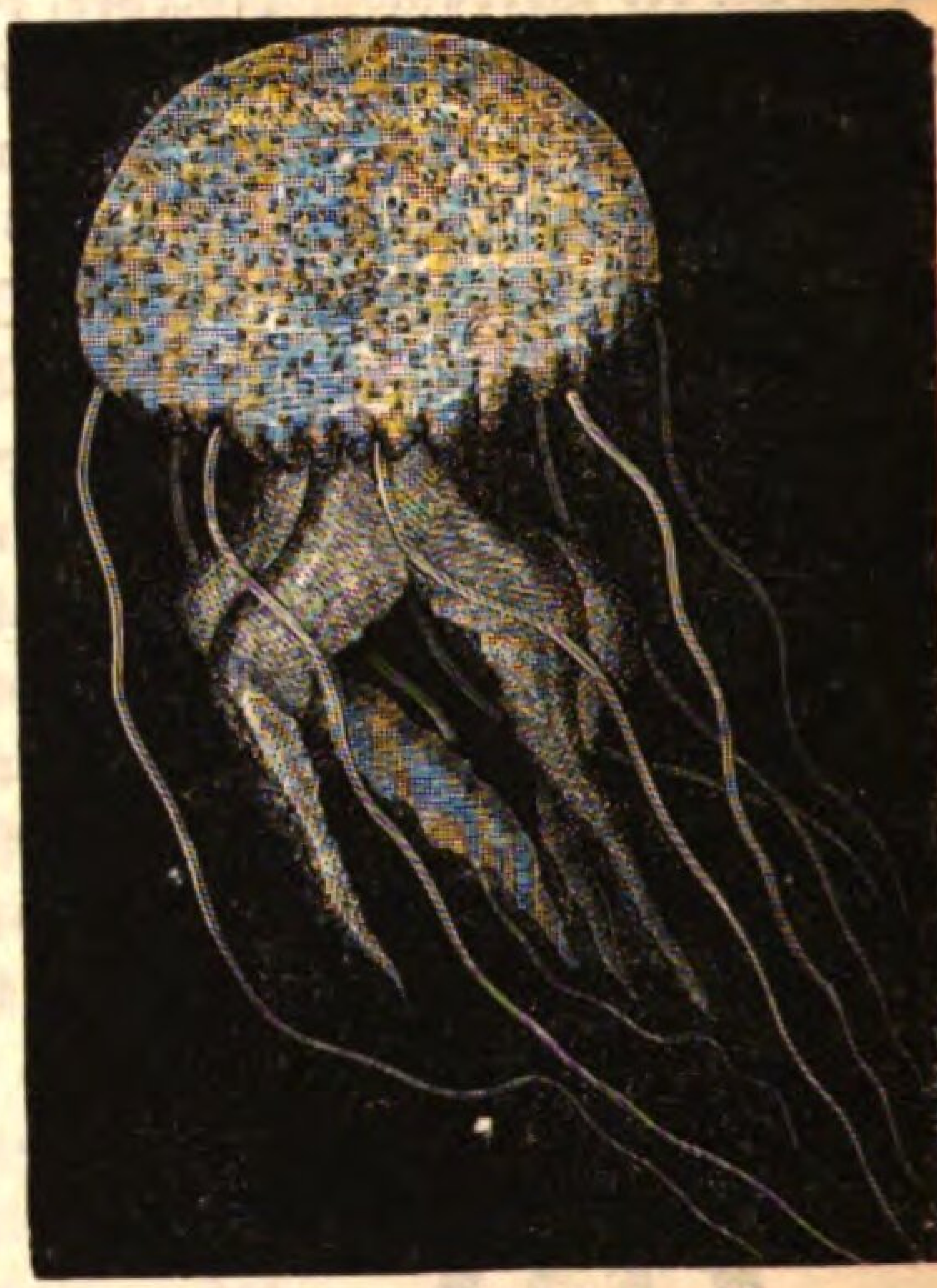
Hydra.

a Mundöffnung.

Lage der Mundöffnung in der Mitte der vordern Körperscheibe theilen. Die Nahrung dieser Thiere ist eine animalische. Sie leben vom Raube, den sie sich durch besondere **Fangapparate** sichern. Diese stehen in der Regel im Umkreis des Mundes, seltener, z. B. bei den Rippenquallen, als paarige Anhänge seitlich am Körper. Im letztern Falle zeichnen sie sich durch Länge, oft auch durch Verästelungen aus, damit aus der verringerten Zahl kein Nachtheil erwachse. Nur wenige Coelenteraten entbehren der Fangapparate, wie z. B. Beroe, bei der dann durch den weit klaffenden, beständig zum Schlucken geöffneten Mund für die Möglichkeit der Nahrungsaufnahme gesorgt ist. Bei den Polypen, die eine mehr oder minder lange Cylinderform besitzen, erscheinen die Fangfäden als Tentakel in unmittelbarer Nähe des Mundes. Sie ergreifen die Beute, die das Meer in Menge zuführt. Andere Organe, deren Gebrauch einen complicirten Apparat von Begabungen und Thätigkeiten erfordert, würden bei der fehlenden oder doch beschränkten Locomotion wenig nützen. Die Lebensweise verlangt, wie in allen derartigen Fällen, eine Vereinfachung in dem Prozeß der Nahrungsaufnahme. Was andere Organismen durch Kampf, durch Körperkraft und List sich selbst erwerben, wird ihnen durch anderweitige Vorrichtungen. Wie die hülflosen Jungen der höheren

Thiere durch ihre Eltern ernährt werden, so bietet denselben das Meer, in dem sie leben, beständige Nahrung. Ihre Greifapparate sind Fallen, keine Waffen. — Aehnliche Tentakel sind bei den scheibenförmigen Quallen vorhanden, nur weiter von der Mundöffnung entfernt, am Rande der Scheibe. Dafür aber ist die Länge der Tentakel sehr beträchtlich. Neben ihnen finden sich in der Regel noch besondere mehr oder minder tief gelappte armartige Fortsätze im Umkreis der Mundöffnung, die gleichfalls zum Fangen und Ergreifen dienen.

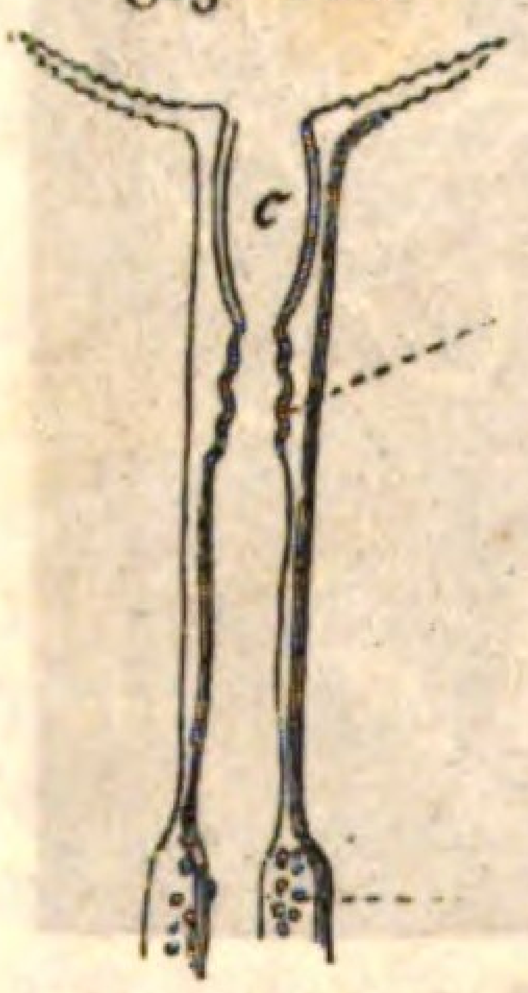
Fig. 112.



Scheibenqualle, Pelagia.

Damit die Fangapparate der Coelenteraten ihrer Bestimmung vollständig genügen, sind sie mit zahllosen kleinen nadelförmigen Waffen versehen, den sog. *Angelorganen*, die übrigens auch schon bei manchen anderen sonst nur wenig vollständig ausgerüsteten Thieren (namentlich den Planarien) vorkommen, aber nirgends gleich allgemein verbreitet sind. Diese Organe bestehen aus kleinen, ovalen und derbhäutigen Kapseln, deren eines Ende in einen mehr oder minder langen Faden ausgezogen ist. In der Ruhe liegt dieser eingestülpt im Innern der Kapsel. Bei einem Druck von außen oder innen (wie namentlich nach endosmotischer Aufnahme des Wassers) wird er aber hervorgeschnellt. Wie eine Nadel dringt er dann in die nahe liegenden Körper ein, nicht bloß um zu verwunden, namentlich auch um die im Innern der Kapsel enthaltene scharfe Flüssigkeit, die wie ein Gift zu wirken scheint, überzuleiten. — Die Mundöffnung der Coelenteraten führt in die verdauende Höhle hinein. Bei den Rippenquallen und Anthozoen (mit Ausnahme von Lucernaria) bildet diese ein kurzes und gerades *Magenrohr* (Fig. 110. a, Fig. 113. c) mit unterer freier Oeffnung, die in die Leibeshöhle ausmündet, in einigen Arten aber wahrscheinlich einen temporären Verschluß*) zuläßt. In den übrigen Coelenteraten fehlt solches Magenrohr. Durch den Mund gelangt die Nahrung dann direct in die Leibeshöhle, zunächst in den vordern Abschnitt derselben, der vorzugsweise Sitz der Verdauung zu seyn scheint. Während der Verdauung transsudirt ein Theil des Chylus sogleich in das anliegende Parenchym des Körpers, ein anderer gelangt in die hintere Leibeshöhle, wo er sich organisirt und durch schwingende Cilien, die an der innern Wand stehen, gleich dem Blute umhergeführt wird. — Bei den ausgebildeten Formen der Coelenteraten ist die Leibeshöhle beständig durch eine Anzahl peripherischer Scheidewände, die auf der äußern Leibeswand aufsitzen und eine radiäre Gruppirung haben, in einzelne bald sackförmige, bald auch gefäßartig ausgezogene Abtheilungen getheilt, die in der Mitte zusammenlaufen und mitunter auch in der Peripherie unter sich verbunden sind.**) Als

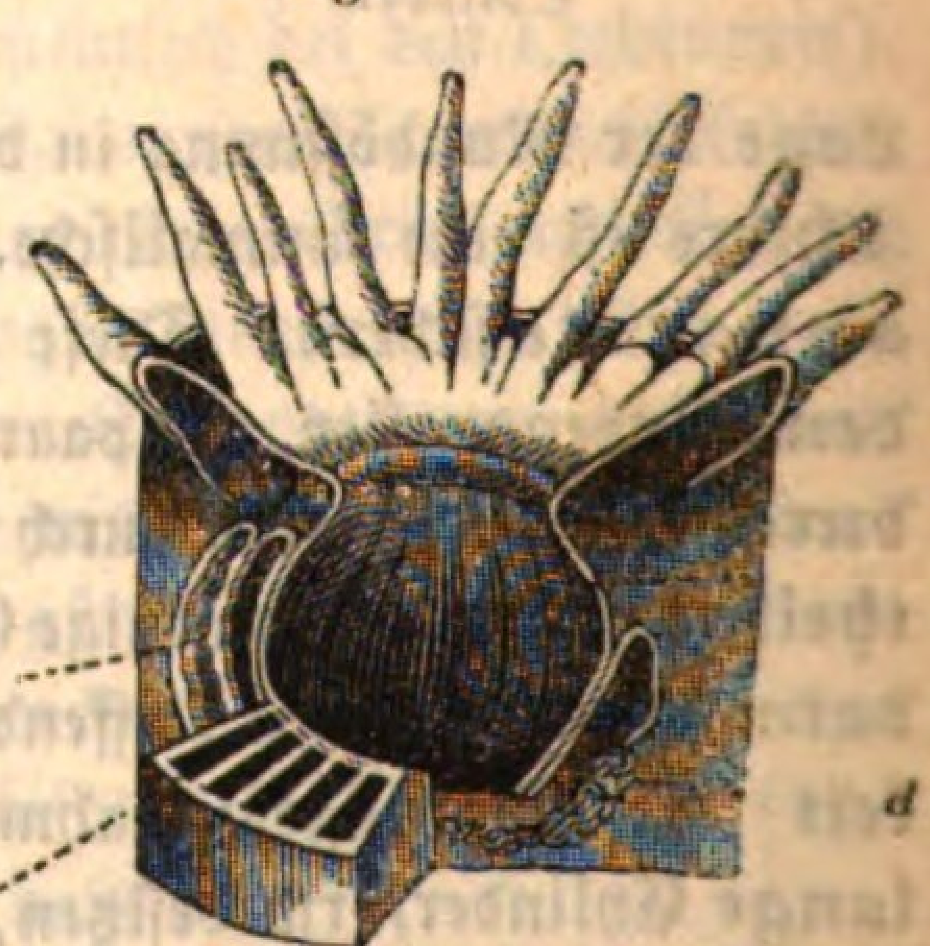
Fig. 113.



Durchschnitt von Veretillum.

c Magenrohr.

Fig. 114.



Anatomie der Actinia.

c radiäre Scheidewände; d Magenrohr.

*) Mit großem Unrecht gibt man gewöhnlich den Anthozoen einen blind geendigten sackförmigen Magen.

**) Von manchen Anatomen werden diese Anhänge der centralen Leibeshöhle (bei den Akalephen) als Darmverästelungen gedeutet.

Grund dieser Anordnung haben wir wohl nur die dadurch erzielte Vergrößerung der Contactfläche zwischen Leibeshöhle und Körperparenchym zu betrachten. In den kleineren Ammenformen der Coelenteraten (auch bei Hydra, die gleichfalls eine Amme darstellt) fehlt jede Spur solcher Scheidewände. — Wenn die Coelenteraten in Colonien vereinigt sind, wie namentlich sehr häufig die Polypen und Akalephenammen, dann stehen in jedem Stocke die Leibeshöhlen der einzelnen Individuen unter sich im Zusammenhang. Aus dem einen Individuum tritt dann die Ernährungsflüssigkeit in das andere hinüber, so daß ein jedes derselben für den ganzen Stock verdaut. Unter solchen Umständen kann es nun geschehen, daß einzelne Individuen eines Stockes der Mundöffnung und der Tentakel entbehren, ohne zu Grunde zu gehen, wie wir es bei einigen Ammenformen von Scheibenquallen finden, wo dann diese mundlosen Individuen in verschiedener Weise bald zur Fixirung oder Bewegung des Stockes dienen, bald auch die ausgebildete Brut durch Knospenbildung produciren u. s. w.

Fig. 115.



Sertularia,
ein Ammenstock der Scheibenquallen.

Eine andere merkwürdige Anomalie in der Bildung des Mundes zeigen die zu den Scheibenquallen gehörenden Rhizostomiden (Fig. 116). Bei diesen fehlt die sonst vorhandene centrale Mundöffnung, während die Fangarme von besonderen, in die centrale Leibeshöhle ausmündenden Kanälen durchsetzt sind, die am Ende in vielfache kleine Oeffnungen auslaufen. Durch diese geschieht die Aufnahme der Nahrung, die entweder in sehr kleinen Körpern bestehen wird, oder in aufgelösten thierischen Substanzen. Die Vielzahl der Oeffnungen vergrößert jedenfalls die Berührungsfläche des aufsaugenden Apparats. Hülfsapparate der Verdauung fehlen allen Coelenteraten. Nur in einigen Fällen läßt sich in den Wandungen des Magenrohrs eine gelbliche Zellenschicht, die als gallenbereitendes Gebilde fungiren mag, erkennen. Von welchen Stoffen bei den Coelenteraten die Auflösung der genossenen Nahrungsmittel abhängt, wissen wir nicht, obgleich man sich leicht überzeugen kann, daß solche Auflösung, zum Theil schon zwischen den Mundlappen, sehr schnell von Statten geht.

Fig. 116.



Rhizostoma Cuvieri.
a Verdauende Leibeshöhle.

In solcher Weise zeigen nun schon die Coelenteraten eine beträchtliche Degradation in der anatomischen Entwicklung ihres Verdauungsapparates. Noch viel weiter aber gehen hierin die sog. Protozoen, die nach ihren gesammten Structurverhältnissen, wie schon früher erwähnt wurde, kaum höher stehen, als einfache thierische Zellen. Bei den Infusorien, welche die größte Menge dieser merkwürdigen Thiere ausmachen, hat man freilich bis auf die jüngste Zeit nach den Angaben des berühmten Berliner Zoologen Ehrenberg eine vollkommenere Organisation und namentlich auch einen vollständigen Verdauungsapparat angenommen, jedoch sicherlich mit Unrecht. Die Infusorien besitzen ebenso wenig, wie die übrigen Protozoen,

einen geschlossenen Digestionsapparat. Nach Ehrenberg's Beschreibung sollte dieser aus einer Anzahl gestielter Magenblasen bestehen, die bald unmittelbar und einzeln von der Mundöffnung ausgingen, bald auch zunächst aus einem gemeinsamen, zwischen Mund und After ausgespannten Darm entsprängen. Was Ehrenberg als Magenbläschen gedeutet hat, sind einfache, mit einer hellen Flüssigkeit gefüllte Hohlräume ohne distincte Wandungen (sog. Vacuolen), die sich sehr leicht in dem structurlosen, aber contractilen Körperparenchym der Infusorien (auch einiger anderen Thiere von ähnlicher Körperbeschaffenheit) bilden. So namentlich auch bei den Hydroiden, wo sie sich während der Verdauung mit einem feinkörnigen Chylus füllen. Aehnlich verhalten sich die Hohlräume im Körper der Infusorien, nur daß sie hier, bei dem Mangel einer Leibeshöhle, sich unmittelbar mit den genossenen Nahrungsstoffen füllen, bis diese verdaut sind.

Eine Mundöffnung findet sich (vielleicht mit einziger Ausnahme des Gen. Opalina, dessen Arten als Schmarotzer im Darme verschiedener Thiere sich aufhalten) wahrscheinlich bei allen thierischen Infusorien. Die Abgrenzung dieser Geschöpfe gegen die Vegetabilien, von denen es gleichfalls eine große Menge infusorischer Bildungen gibt, ist übrigens nicht leicht, da die Structurverhältnisse in beiderlei Formen wegen ihrer Einfachheit gar mancherlei Aehnlichkeit bieten, die bei der Kleinheit der Objecte nur um so größer erscheint; da ferner die Anwesenheit von schwingenden Cilien, wie auch die Bewegung, selbst eine anscheinend ganz willkürliche, nicht ausschließliches Eigenthum der Thiere ist, und endlich in einzelnen pflanzlichen Bildungen (z. B. bei Vibrio, der späterhin in einen Algenfaden auswächst) sogar eine Contractilität des Körpers sich beobachten läßt, die sonst nur bei Thieren und thierischen Elementen vorkommt. Als unterscheidendes Merkmal von Thier und Pflanze können wir nur die gesammten Lebenserscheinungen betrachten. Wo Zusammensetzung, Wachsthum und Ernährung der pflanzlichen Zelle vorkommt (Monas, Euglena, Frustulia), da haben wir es gewiß mit Pflanzen zu thun, während umgekehrt die Aufnahme geformter Nahrungsmittel und die Anwesenheit des Stoffwechsels ein thierisches Wesen charakterisirt. Die Entscheidung hierüber ist indessen bei der Schwierigkeit der Untersuchung nicht immer leicht und kann in zweifelhaften Fällen nur das Resultat zahlreicher und sorgfältiger Beobachtungen seyn.

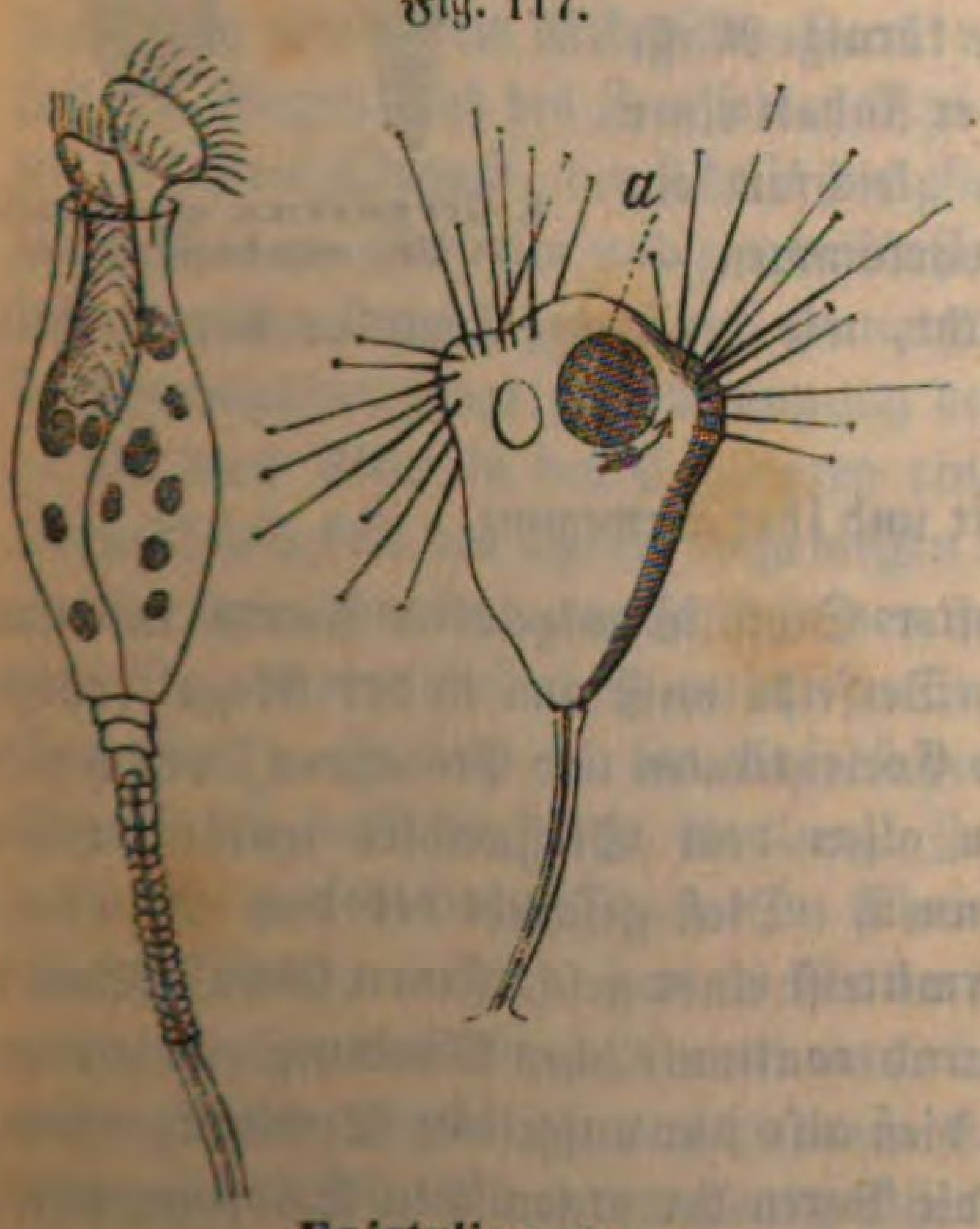
Wenn wir oben gesagt haben, daß die frei lebenden thierischen Infusorien wahrscheinlich ohne alle Ausnahme eine Mundöffnung besitzen, und dadurch zur Aufnahme einer für ein Thier geeigneten Nahrung befähigt werden, so ist das allerdings mehr der Ausspruch einer Reflexion, als der directen Beobachtung. Im Gegentheil werden noch heute als Thiere mehrere mundlose Geschöpfe (die Astasiaeen und Peridinaeen) angeführt, die frei im Wasser sich umherbewegen. Doch gerade von diesen scheint uns die thierische Natur sehr zweifelhaft. Es ist wohl erklärlich, daß ein innerer Schmarotzer (also auch ein endoparasitisch lebendes Infusorium) der Mundöffnung entbehren könne, da es an seinem Wohnorte hinreichende Nahrung in passender Form vorfindet und diese zum Zwecke der Ernährung nur durch seine Körperbedeckungen aufzunehmen braucht; daß aber die beständige Abwesenheit des Mundes mit einer freien Lebensweise in einem Thier vereinigt seyn könne, müssen wir in Abrede stellen. Das Wasser enthält wohl niemals eine genügende Menge organischer Stoffe in Auflösung, so daß darin ein Thier ohne irgend eine Vorrichtung zur directen Nahrungsaufnahme existiren könnte. Man wende uns hier nicht ein, daß doch die größere Anzahl der niederen Thiere nach dem Ausschlüpfen aus dem Ei eine Zeitlang ohne Mundöffnung nach infusorieller Art lebe; denn in diesem Zustande braucht, wie im Puppenschlafe der Hexapoden, keine Aufnahme von Nahrung stattzufinden, weil der Rest des Dotters, der im Körper noch eingeschlossen ist, für die nächsten Bedürfnisse zur Ernährung noch ausreicht. Auch die oben erwähnten ausgebildeten Hexapoden ohne Mund (Oestrus u. s. w.) kann man nicht als einen Beweis für das Gegentheil anführen. Für die kurze Zeit ihres Lebens mögen auch hier die aus dem Larvenzustande in die späteren Phasen der Entwicklung hinübergenommenen, in dem Körper deponirten Nahrungsstoffe genügen. Unter solchen Um-

ständen haben wir gewiß das größte Recht, die Gruppen der mundlosen Astasiaeen u. s. w. aus der Reihe der thierischen Infusorien zu entfernen. Wir rechnen sie, wie auch die Diatomeen, Vibrionen und Monadinen, zu den vegetabilischen Bildungen, und können dieß um so eher, als sie mit den letztgenannten Formen dieser Geschöpfe auch in der Entwicklung der locomotorischen Körperanhänge übereinstimmen. Bei keinem einzigen unzweifelhaft thierischen Infusorium kennen wir solche lange peitschenförmig schwingende und isolirte Wimperfäden, wie sie hier entweder allein oder in Gemeinschaft mit einer Flimmerbekleidung vorkommen. Haben jene Geschöpfe nun aber, wie wir vermuthen, die Lebensweise und Nahrungsbedürfnisse der Pflanzen, dann finden sie überall im Wasser die Bedingungen und Mittel für Erhaltung und Wachsthum. Kohlensäure und Ammoniak mit den verschiedensten Salzen, die sie durch ihre Körperoberfläche aufnehmen, sind darin in hinreichender Menge enthalten.

Die Lage der Mundöffnung bei den Infusorien zeigt übrigens gar mancherlei Verschiedenheiten und rückt nicht selten vom vordern, oft etwas abgestutzten Körperende mehr oder weniger weit nach hinten, wie bei den Turbellarien. In der Regel ist dieselbe von einem Kranze von Wimpern umgeben, die vor den übrigen Wimpern der Körperoberfläche nicht selten durch ihre Größe sich auszeichnen und durch ihre Bewegungen die Nahrungsstoffe in den Mund hineintreiben. Zur Speise dienen den Infusorien außer mancherlei in Zersetzung begriffenen Substanzen die verschiedensten kleinen Geschöpfe, sowohl vegetabilischer, als auch animalischer Natur, meist wiederum Infusorien, deren Größe von der Capacität der Mundöffnung und des Körpers abhängt. Die meisten Infusorien besitzen außer dem Munde auch noch einen After zum Ausleeren der unverdauten Substanzen. Auch dieser wechselt in seiner Lage und ist bald der Mundöffnung entgegengesetzt am hintern Leibesende, bald auch in der unmittelbaren Nähe des Mundes.

Die Mundöffnung der Infusorien führt nun aber nicht direct in das Körperparenchym, sondern vielmehr zunächst in einen kurzen, mitunter flimmernden Kanal, in eine Art Mundhöhle, in der die Nahrungsmittel eine Zeitlang verweilen, bevor sie, und zwar, wie es scheint, durch einen dünnen und zarten, unten offenen Darm in die Masse des Körpers hineindringen. Bei einigen Arten ist die Mundhöhle mit einer besondern Bewaffnung versehen, mit einem fischreusenartigen Zahnapparate, welcher aus einer Anzahl von Borsten besteht, die auf der innern Fläche derselben sich entwickelt haben, der Länge nach verlaufen und mit den hinteren Enden convergiren. Den Act der Nahrungsaufnahme bei den Infusorien kann man sehr gut bei künstlichen Fütterungsversuchen mit fein zertheilten organischen Farbestoffen beobachten, die zuerst von Gleichen, später aber in größerer Ausdehnung und methodischer Consequenz von Ehrenberg vorgenommen sind. Bei Anstellung derselben sieht man, wie die Farbepartikel, die einzeln aufgenommen werden, sich allmälig im untern Ende der Mundhöhle zu einem

Fig. 117.



Epistylis nutans, mit Mundhöhle und Darm.

Ballen anhäufen. Ist dieser Ballen von hinreichender Größe, so gelangt er in das Innere des Körpers und erscheint dann als ein mit Farbestoffen gefüllter Hohlraum, der durch das contractile Parenchym immer weiter fortrückt. Werden vielleicht mehrere solcher Massen dicht an einander gedrängt, so fließen sie bisweilen zusammen, gewiß der sicherste Beweis, daß sie nicht in besonderen Magenblasen enthalten sind. Mitunter gelangt der Ballen auch in einen schon früher anwesenden Hohlraum, den er dann mehr oder minder vollständig

ausfüllt. Durch welche Vorrichtungen übrigens bei den Infusorien die Verdauung vermittelt ist, wissen wir nicht. Von einer Absonderung von Speichel und Galle kann bei der gänzlichen Abwesenheit besonderer Drüsen natürlich keine Rede seyn. Am wahrscheinlichsten ist noch die Vermuthung, daß der Zustand des Körperparenchyms selbst, mit dem ja die Nahrungsstoffe in directer Berührung sind, in digestiver Weise darauf einwirke.

Die Rhizopoden unterscheiden sich, wie es scheint, anatomisch von den Infusorien nur sehr wenig. Vacuolen finden sich auch bei ihnen, obgleich die Schwierigkeit der Untersuchung, wenigstens bei den beschalten und zusammengesetzten Formen dieser Thiere, noch keine vollständige Einsicht in die Organisation gestattet hat. Was diese Thiere zunächst auszeichnet, ist die Abwesenheit der Flimmerbekleidung. Dafür aber ist hier der Körper im Stande, sich beliebig in verschieden gestaltete, bald kurze und fingerförmige, bald lange und dünne, baumartig verästelte Fortsätze auszuziehen, die als Bewegungsorgane, doch auch gelegentlich wohl als Greifapparate dienen mögen. Mund und Afteröffnung scheinen diesen Thieren, als bleibende Bildungen, zu fehlen. Sollen Nahrungsmittel genossen oder Speisereste aus dem Körper ausgeworfen werden, so bildet sich ein temporärer Mund oder After an irgend einer Stelle — eine wunderbare Eigenthümlichkeit, die wohl nur durch die Beschaffenheit des Körperparenchyms und namentlich die Abwesenheit einer festern Körperhülle (auf die schon die Bildung der äußeren Körperfortsätze hinweist) möglich wird.

Noch weit einfacher ist der Bau der Gregarinen, die wir vorläufig (die ganze Abtheilung der Protozoen können wir bei dem großen Dunkel, das immer noch über diesen Geschöpfen schwebt, überhaupt nur für eine provisorische halten) ebenfalls den Protozoen zurechnen, obgleich dieselben vielleicht bloße degenerirte Rundwürmer (gewissermaßen den Blasenwürmern entsprechend) sind. Hier fehlt nicht bloß die Mundöffnung beständig (was mit dem Parasitismus dieser Geschöpfe zusammenhängt, den sie mit dem Gen. Opalina unter den Infusorien theilen), auch alle besonderen Bewegungsorgane und Hohlräume sind abwesend, wie bei den sogen. Echinococcusköpfchen. Das Körperparenchym ist eine gleichförmige körnige Masse ohne alle Spur einer weitern Organisation, wie der Inhalt einer einfachen Zelle. Wie diese ernähren sie sich auch, gleichsam ein integrirendes Element des Körpers, in dem sie vorkommen — das ganze Ernährungsgeschäft ist äußerst vereinfacht, wie der ganze Complex der Verhältnisse, auf denen die Existenz des Lebens beruht.

Fig. 118.



1. **Gregarina sipunculi;** 2. **Gr. scolopendræ.**

II. Die Ernährungsflüssigkeit und ihre Bewegung.

Der vorige Abschnitt hat gezeigt, wie nahrhafter Stoff in aufgelöster Form mit einer Fläche des Thieres in Berührung gebracht wird. Derselbe muß nun in der Regel (ausgenommen sind hiervon, wie wir gesehen haben, die Coelenteraten und Protozoen) durch diese Fläche hindurch in das Innere des Thieres zu allen dem Stoffwechsel unterworfenen Organen dringen, damit sie ihn sich aneignen können. Dieß geschieht bei den Wirbelthieren, die wir hier zunächst berücksichtigen, vermittelst eines geschlossenen Gefäßsystemes, in welches und aus welchem nur durch die anscheinend continuirlichen Wandungen die organischen Substanzen dringen können. Es können dieß also nur aufgelöste Substanzen seyn, oder so feine Partikelchen, daß sie, eben so wie die Poren der organischen Substanz selbst, mit den besten Mikroskopen nicht wahrzunehmen sind. Dieses Gefäßsystem nimmt aber auch die Zersetzungsprodukte der Organe des Körpers auf und führt sie den Aussonderungsdrüsen, den Nieren, Hautdrüsen, den Lungen, zu, welche das Blut davon reinigen und die Excrete aus dem Körper entfernen.

Den am leichtesten in die Augen fallenden Theil dieses Gefäßsystemes bilden die Blutgefäße mit dem Herzen, die Organe des Blutkreislaufes. Aber es ist mit diesen noch das System der Lymph- und Chylusgefäße in Verbindung gesetzt, durch schwache

Färbung, selbst Farblosigkeit des Inhaltes, dünnere und mit zarteren Wänden versehene Gefäße weniger leicht zu bemerken, deßhalb auch den Anatomen des Alterthums noch nicht bekannt.

Wir beginnen eine Betrachtung dieser Gefäße mit dem wichtigsten Theile des Systemes, den sogenannten Haar= oder Capillargefäßen.

Zwischen den eigenthümlichen Gewebetheilen der Organe, also zwischen den Zellgewebsfasern, den Muskelprimitivbündeln, den Fasern und Ganglienkugeln des Nervensystemes, den Kanälen der Drüsen u. s. w. laufen, in eigenthümliche Wandungen eingeschränkt, zahllose feine Blutströmchen, welche, wie besonders leicht an flächenhaften Ausbreitungen wahrgenommen werden kann, überall netzförmig unter einander verbunden sind.

Der Reichthum an solchen feinen Blutkanälen ist in verschiedenen Geweben sehr verschieden. In einige, besonders an freien Flächen sich bildende Gewebe, z. B. die Epidermis und andere hornartige Gewebe, dringen diese feinen Gefäßnetze oder Capillaren gar nicht ein, sondern ernähren dieselben nur von der unterliegenden Fläche aus. Die äußerste Schicht der Lederhaut ist gefäßreich, aus dem Blute derselben bilden sich junge Epidermiszellen und werden allmälig von noch jüngeren nach außen geschoben, verändern dabei ihre Gestalt zu dünnen Plättchen, welche sich unter einander fest verbinden und so zusammen eine Haut darstellen. Wo ein Haar sich bilden soll, ist ein gedrängtes Netz von Blutgefäßen, aus welchen die Zellen sich ernähren, welche das Haar zusammensetzen. Diese sogenannte nutritio ultra vasa ist nicht im Mindesten räthselhafter, als alle Ernährung überhaupt, und konnte auch nur so lange in der Wissenschaft als ein besonderes Problem dastehen, als man den Blutgefäßen Functionen zuschrieb, welche sie gar nicht besitzen; so lange namentlich, als man nicht begriff, daß alle Gewebetheile zunächst sich selbst durch Anziehung des ihnen homogenen Stoffes bilden müssen, daß nicht die Blutgefäße als Bildner der Organe angesehen werden können, daß vielmehr alle Organe sich aus einer Flüssigkeit ernähren, von welcher sie selbst durchtränkt sind, welche sich nur aus dem Blute stets erneuert u. s. w.

Die zarte Membran, von welcher die Blutströmchen umhüllt sind, ist bei einfacher Untersuchung unter dem Mikroskop kaum wahrzunehmen und blieb deßhalb bis in die neuere Zeit ein Gegenstand des Zweifels. Jetzt weiß man dieselben aber durch gelinde Maceration der zartesten Organe, der Theile des Nervensystemes, aus der umgebenden Substanz mit Leichtigkeit zu gewinnen und zur mikroskopischen Anschauung zu bringen. Damit sind dann auch manche irrige, zum Theil zu wunderlichen Mythen ausgewucherte Vorstellungen über Ernährungsvorgänge und Bewegung des Blutes für immer beseitigt. —

Da das Blut in den Capillaren eines Organes eine Veränderung erleidet, welche der Lebensthätigkeit des Theiles angemessen ist, Nahrungsstoff erhält (am Darme), oder gegen Zersetzungsprodukte austauscht (in den meisten Organen des Körpers), oder selbst Zersetzungsprodukte abgibt (besonders entschieden in den Nieren — in den Lungen mit Austausch gegen Sauerstoff), so kann es den Ansprüchen eben des Organes, in welchem es sich in einem Augenblicke befindet, nicht für lange Zeit genügen. Alle die Veränderungen aber, welche durch die verschiedenen Organe im Blute vorgehen, compensiren sich gegenseitig, so daß ein Bluttheilchen, welches stets diesen verschiedenen Einwirkungen gleichzeitig ausgesetzt wäre, in seiner Mischung immer unverändert bleiben würde. Wo aber und in sofern eine solche Gleichzeitigkeit der verschiedenen Einwirkungen nicht möglich ist, muß durch eine Bewegung des Blutes aus den Haargefäßen eines Organes in die Haargefäße anderer, anders einwirkender, derselbe Zweck der Compensation erreicht werden. Diese Bewegung muß um so lebhafter, die Wanderung des Blutes von einem Organe zum andern um so vollständiger geschehen, je mehr die einzelnen, das Blut auf besondere Weise ändernden Organe, auf bestimmte Stellen des Körpers eingeschränkt sind, je weiter sie aus einander liegen. Bei den in's Unmeßbare sich verlierenden kleinsten Thierformen ist deßhalb die Nothwendigkeit eines Kreislaufes nicht zu behaupten, ja selbst von Blutgefäßen nicht zu reden. In dem Abschnitt

über die wirbellosen Thiere wird gezeigt werden, wie die Bewegung des Blutes vielfach eine sehr unbedeutende ist, in anderen Thieren aber wohl überall kein Blut mehr sich findet. So hat auch der erste zarte Keim selbst bei dem höhern Thier weder Kreislauf noch Blutgefäße, und so finden wir den Kreislauf bei den Arthropoden wenig entwickelt, weil die Respirationsorgane dergestalt angeordnet sind, daß die Athmung, die Ausscheidung der Kohlensäure und Aufnahme des Sauerstoffes, eine der wichtigsten Veränderungen des Blutes, überall nahe bei den Organen geschehen kann, deren Lebensproceß Kohlensäure bildet und Sauerstoff bindet. Die Einrichtung des Kreislaufes bei den Wirbelthieren wird von einer ganz andern Seite die Wichtigkeit der Respiration in's Licht setzen.

Fig. 119.



Blutgefäße in einem Froschfuße.
a a Arterien; v v Venen.

Damit das Blut aus den Haargefäßen eines Organes in die eines andern geführt werde, sind die Netze der Haargefäße überall mit zuführenden und abführenden Kanälen (Arterien und Venen) in Verbindung gesetzt. Die zahlreichen feineren Arterien, von den Capillaren aus weiter und weiter verfolgt, erscheinen als Aeste stärkerer Röhrchen, diese wiederum aus noch stärkeren entsprungen u. s. w. Eben so vereinigen sich die abführenden Kanälchen mehr und mehr zu stärkeren und stärkeren Venen. So kann ein Druck auf das Blut einer Arterie eine Bewegung bis in die Capillaren und durch dieselben hindurch in die Venen bewirken, und es ist die Möglichkeit gegeben, es wieder anderen Organen zuzuführen.

Die nähere Anordnung dieser Gefäßstämme und der Propulsionsorgane an denselben, wollen wir zunächst von den höheren Wirbelthieren kennen lernen. Die Säugethiere und Vögel stimmen in den wesentlichsten Punkten dieser Anordnung, namentlich auch des Herzens, überein.

Das Herz der Wirbelthiere überhaupt ist größtentheils aus Muskelfasern gebildet, welche mehrere Höhlen umschließen, so daß letztere durch Zusammenziehung der Muskelfasern verengert oder geschlossen, ihr Inhalt ausgetrieben werden kann. Bei den zwei höheren Klassen der Wirbelthiere sind dieser Höhlen vier, welche zu je zwei in offenem Zusammenhange mit einander stehen, während zwischen den beiden Höhlenpaaren eine vollständige mittlere Scheidewand sich befindet. Den voluminösern Theil eines solchen Herzens bildet der untere, zugespitzte Theil, welcher die beiden sog. Herzkammern oder Ventrikel enthält. Diese haben sowohl nach Außen, besonders der linke Ventrikel, eine bedeutende Fleischwand, als auch eine mächtige muskulöse Scheidewand zwischen sich. Jede dieser Herzkammern hat einen Eingang und einen Ausgang, welche mit ventilartigen Klappen so ausgerüstet sind, daß eben die eine Oeffnung das Blut nur hinein, nicht aber bei der Zusammenziehung (Systole) wieder hinaus lassen kann, die andere dagegen sich nur dem Blute öffnet, welches der Ventrikel hinaustreibt, nicht aber im Momente der Erschlaffung der Herzkammer (Diastole) es wieder in dieselbe zurückdrängen läßt. Vor den Eingängen der beiden Ventrikel befinden sich nun die beiden Vorhöfe (Atria), je einer mit einem Ventrikel durch einen solchen Eingang (für das Atrium Ausgang) in offener Verbindung und am Umfange dieser Mündung fest mit demselben verwachsen. Beide Arterien sind auch unter einander verwachsen, so daß auch sie eine gemeinschaftliche Scheidewand besitzen, gleichsam eine Fortsetzung der Ventrikelscheidewand, und undurchbohrt, wie diese. Die Vorhöfe sind ebenfalls muskulös, wie die Ventrikel, aber weit schwächer, so daß ihre Wandungen schon eher dicke Membranen genannt werden können. Auch ihre Scheidewand ist dünn und scheint oft gar keine Muskelfaser zu

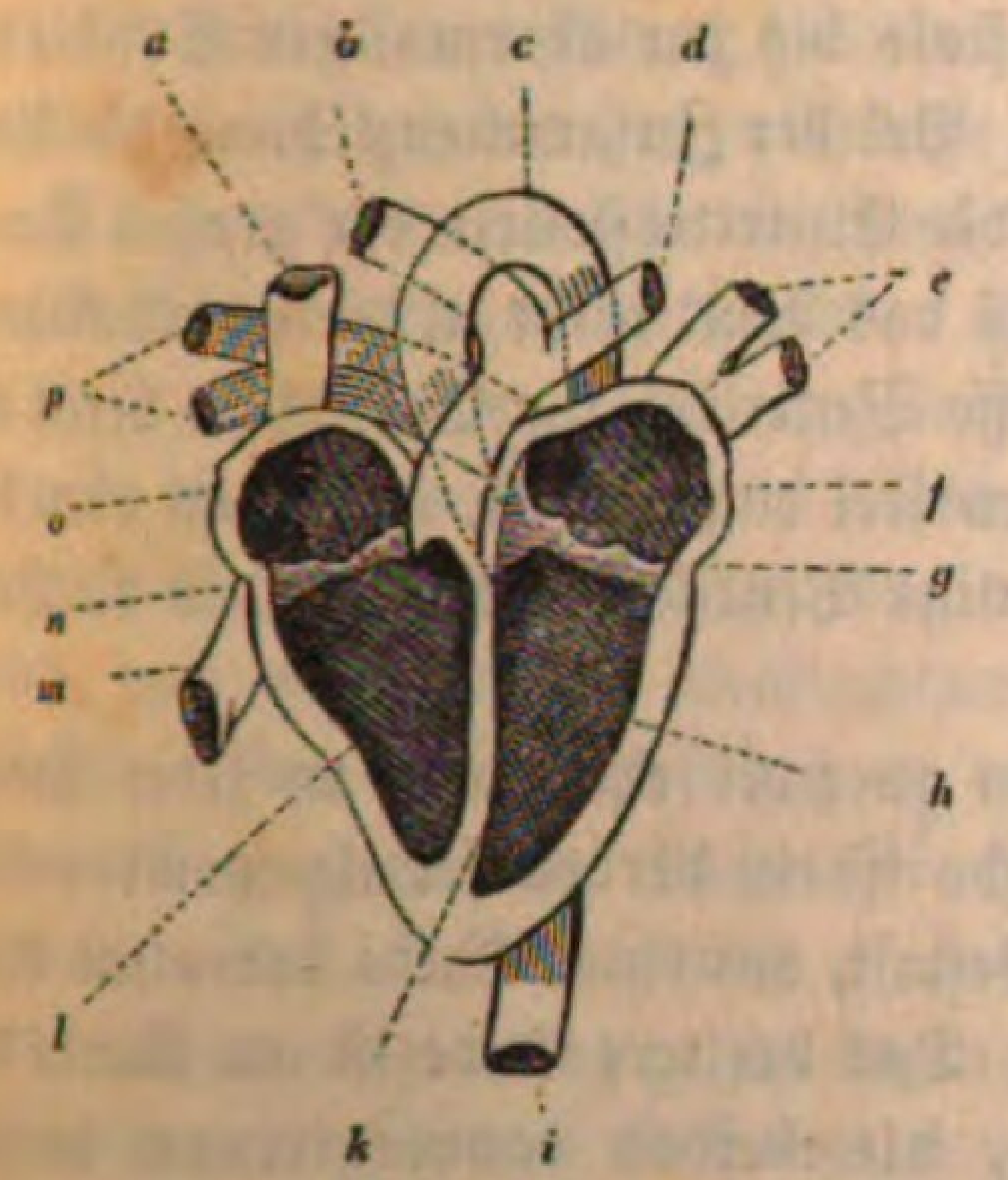
Fig. 120.



Herz eines Säugethiers.
r a rechter Vorhof; r v rechter Ventrikel; l a linker Vorhof; l v linker Ventrikel.

enthalten. Nur an einer zipfelartigen Hervorragung jedes Vorhofes, den sog. Herzohren, ist die Muskelfaser stärker entwickelt. Jeder Vorhof hat seine Blutzufuhr durch Venen, welche sich in ihn öffnen. Hiedurch ist für jede Herzhälfte die Function bestimmt: das Blut im Ventrikel kann nicht in die Vorhöfe gelangen, es ergießt sich bei Systole der Kammern durch die Ausgänge derselben in die Arterien. Erschlafft nun der Ventrikel, so kann er nur von seinem Vorhofe aus wieder gefüllt werden, und dieser kann das Blut dazu nur aus den Venen nehmen.

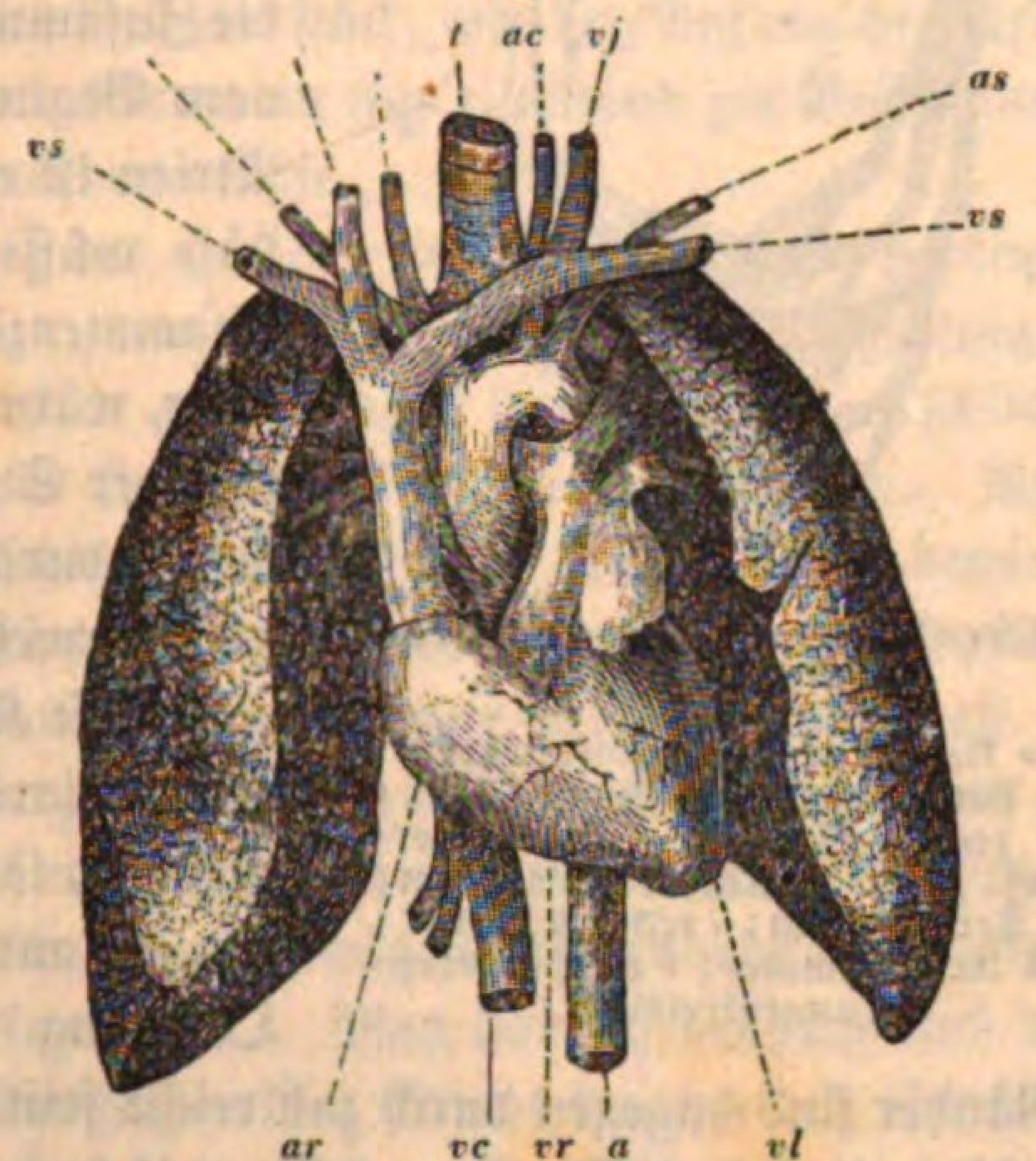
Fig. 121.



Schema eines Säugethierherzens.

a obere Hohlvene; *b* Lungenarterie; *c* Aorta; *d* Lungenarterie; *e* Lungenvenen; *f* linker Vorhof; *g* Oeffnung; *h* linke Kammer; *i* Aorta; *k* Septum der Kammern; *l* rechte Kammer; *m* untere Hohlvene; *n* Oeffnung; *o* rechter Vorhof; *p* Lungenvenen.

Fig. 122.



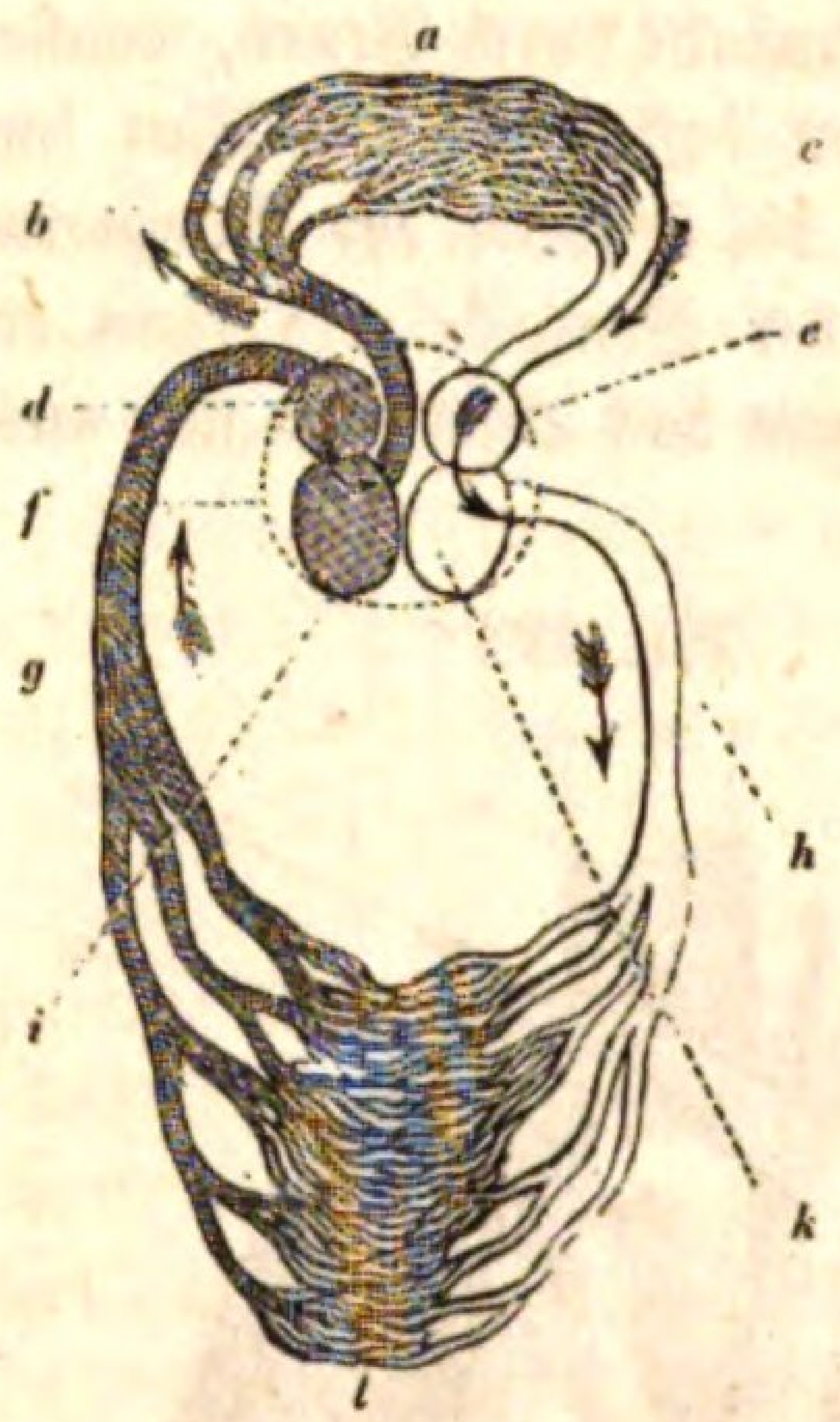
Lungen und Herz des Menschen (von vorn).

ar rechter Vorhof; *vr* rechte Kammer; *vl* linke Kammer; *a* Aorta; *vc* untere Hohlvene; *ac* Kopfarterien; *vj* Halsvenen; *vs* Armvenen; *as* Armarterie; *t* Luftröhre.

Wozu nun aber zwei Vorhöfe und zwei Kammern? Wenn in einen Vorhof alles, von allen Capillargefäßen des Körpers kommende Blut sich ergösse, von diesem dann durch den Ventrikel wieder, vermittelst der Arterien, in die Capillargefäße geschafft würde, so fände doch ohne Zweifel für alle Organe auch ein Blutwechsel Statt, es würde jedes Organ von dem Blute, welches eben durch dasselbe gelaufen war, und nun durch Venen, Herz und Arterien wieder in die Haargefäße zurückkehrt, doch höchstens einen kleinen Theil zufällig wieder erhalten, und somit alles Blut allmälig den Einfluß aller Organe erfahren; oder mit anderen Worten: es würde sich im Herzen das Blut vermischen, welches die verschiedenartigsten Einflüsse erfahren hätte, und somit alles in die Organe eintretende Blut stets eine mittlere Beschaffenheit haben.

Allerdings — aber eben die Einrichtung der zweifachen Ventrikel und Vorhöfe zeigt uns, daß eine der Veränderungen, welche das Blut erleidet, in solchem Maaße erforderlich ist, daß dazu eine besondere Veranstaltung getroffen werden mußte, während die übrigen einander ergänzenden Veränderungen allerdings jener einfachern Ausgleichung überlassen bleiben. Der rechte Ventrikel treibt das Blut, welches sein Vorhof aus allen Gegenden des Körpers erhalten und ihm überliefert hat, in kein anderes Organ, als in die Lungen. Die feinen Haargefäße, durch welche es in diesem Organe sich bewegt, sind dem Einflusse der Luft ausgesetzt, so daß Kohlensäure ausgeschieden, Sauerstoff aufgenommen wird (s. den Abschnitt von der Athmung) oder, wie man es nennt, das venöse Blut in arterielles sich umwandelt. Nach dieser Einwirkung, welche dem Blute zugleich eine lebhaft rothe Färbung ertheilt, wandert es durch die Lungenvenen in den linken Vorhof und Ventrikel, von diesem durch die Körperarterien in alle Theile des Organismus. Hier wird es wieder dunkelfarbig, venös und

Fig. 123.



Circulation in Säugethieren und Vögeln.

a kleiner oder Lungenkreislauf; b Lungenarterie; c Lungenvenen; d rechter Vorhof; e linker Vorhof; f Herz; g Körpervenensystem; h Aortensystem; i rechte Kammer; k linke Kammer; l Körper- oder Lungenkreislauf.

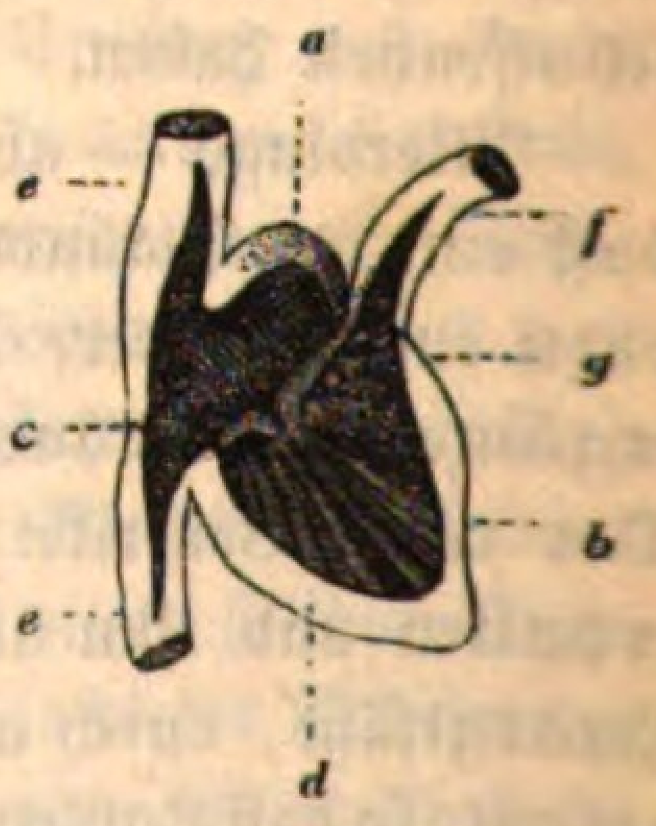
kehrt dann durch den rechten Vorhof wieder in die schon beschriebene Bahn zurück. Der Weg vom rechten Ventrikel zum linken Vorhofe wird der kleine, der Weg vom linken Ventrikel zum rechten Vorhof dagegen der große Kreislauf genannt.

Die stets nach einem bestimmten Rhythmus fortschreitende Bewegung des Herzens geschieht nun so, daß allemal beide Vorhöfe gleichzeitig sich zusammenziehen, dadurch die Kammern füllen und dann rasch und ebenfalls synchronisch die Zusammenziehung beider Kammern erfolgt. Der Zeitraum vom Beginne dieser Systole bis zur abermaligen Systole der Atrien ist etwas länger. Bei der Zusammenziehung der Vorhöfe müssen sich auch die Eintrittsstellen der großen Venen zusammenziehen, so daß das Blut nicht in diese zurückkehren kann, während der schlaffe Ventrikel zur Aufnahme bereit ist. Bei der Systole der Ventrikel dagegen ist, wie schon oben bemerkt, durch klappenförmige Ventile der Rücktritt in die Vorhöfe verwehrt.

Diese Klappen stehen zu zwei oder drei an jeder Atrioventricularöffnung. Jede ist ein derbes sehnig-membranöses Gebilde, länglich von Gestalt, am einen Ende bedeutend breiter, am andern schmal. Das breitere Ende ist am Rande der Oeffnung angewachsen, die beiden convergirenden langen Ränder sind dagegen durch zahlreiche feine Sehnen so an die Innenwand des Ventrikels befestigt, daß das Blut, vom Ventrikel aus jede dieser Klappen theilweise in die Atrioventricularmündung hinein, aber nicht über dieselbe hinaus, in das Atrium, treiben kann. So verstopft das Blut, durch Aufblasen dieser segelartigen Klappen, sich selbst den Rückweg in den Vorhof, da die Klappen, es mögen ihrer zwei oder drei seyn, allemal breit genug sind, um in diesem Momente aneinanderzuschließen. Sind ihrer zwei, so ist der im Rande der Oeffnung angeheftete Rand einer jeden an einer Hälfte dieses kreisförmigen Randes befestigt, sind ihrer drei, so entspricht die Insertionslinie einer jeden Klappe ungefähr (sie sind nicht eben ganz gleich groß) einem Drittel dieses Randes.

Die Sehnen, welche theils an den langen freien Rändern der Klappen, theils an dem Rande parallel laufenden Linien befestigt sind, hängen der Hauptsache nach mit ihrem andern Ende an mehreren fleischigen Hügelchen auf der Innenwand des Ventrikels fest, welche häufig mit den Klappen so wechselnd gestellt sind, daß auf jedem Hügelchen sich die Sehnen von den zwei einander zugekehrten Rändern zweier Klappen vereinigen.

Fig. 124.



Beistehende Figur erläutert, in einem Durchschnitte eines rechten Herzens, diese Einrichtung. An (a) dem Vorhofe vereinigen sich zwei Venen (die obere und untere Hohlvene) e, e, welche sämmtliches venöse Blut heranführen. Der Ventrikel ist mit b bezeichnet. Auf der Grenze zwischen ihm und dem Atrium sieht man die Atrioventricularöffnung (c) durch die Klappen (deren sich hier auf dem Durchschnitte natürlich nur zwei zeigen können) verschlossen, und erkennt die Sehnen (d), deren Befestigungsweise an der Innenwand der Kammer hier jedoch nicht deutlich gemacht werden konnte. Zugleich gewahrt man bei g, am Anfange der Lungenarterie (f), die halbmondförmigen Klappen, welche den Rückgang des Blutes in die Kammer hemmen und sich ganz ebenso am Anfange der großen Körperarterie (Aorta) befinden. Es sind ihrer am einen wie am andern Orte drei und ihr Mechanismus weit einfacher, als der eben beschriebene. Die Befestigung dieser drei Klappen geschieht in drei halb-

kreisförmigen Linien, deren Convexitäten gegen den Ventrikel gerichtet sind. Die Spitzen der drei Insertionshalbkreise liegen so an einander, daß ein jeder eine Spitze jedes der beiden andern berührt. Die an diesen Halbkreisen befestigten Membranen bekommen dadurch eine Gestalt, wie die kleinen Seitentaschen in den Wägen. Der freie Rand der Klappen ist gerade so schlaff, daß sie, vom Blute der Arterien gegen den Ventrikel getrieben, sich vollständig an einander legen, aber keinen Tropfen Blut in die Kammer zurücklassen. In diesem Momente bilden dann die Berührungslinien der drei Klappen eine dreischenklige Figur, wie die Wunde, welche der Blutegel macht. Man begreift, daß eine solche einfache Einrichtung genügen kann, wo zur Befestigung der Klappen ein Cylinderstück, wie der Anfang der Arterien, sich darbietet, während zwischen Vorhöfen und Kammern nur ein Rand zur Befestigung gegeben ist, so daß die ganze Anlage eine andere werden mußte.

Mit der beschriebenen rhythmischen Thätigkeit des Herzens sind noch einige bemerkenswerthe Erscheinungen verbunden: Erschütterungen, welche das Herz seinen Umgebungen mittheilt, Geräusche, welche regelmäßig wiederkehren. — Bekannt ist, wie das menschliche Herz an die Brustwand pocht. Auch bei Thieren ist Aehnliches leicht wahrzunehmen. Aus der Lage des Herzens geht hervor, daß dieser Anschlag von der Spitze der Ventrikel bewirkt wird, und aus genauer Beobachtung ist zu entnehmen, daß er im Augenblicke der Systole erfolgt. Man überzeugt sich auch durch Ansicht eines noch thätigen Herzens leicht, daß es nur im Augenblicke der Systole die Festigkeit erlangt, um einen solchen Stoß bewirken zu können. Freilich könnte man es auffallend finden wollen, daß die Ventrikel im Augenblicke ihrer Zusammenziehung gegen irgend einen Theil ihrer Umgebung stärker andrücken könnten, als vorher, da sie doch eben vorher mehr Raum einnehmen. Man hat sich deßhalb auch die Sache so erklären wollen, daß das Herz beim Ausstoßen des Blutes durch einen Stoß in entgegengesetzter Richtung sich gegen die Brustwand bewegen müsse. Doch scheint ein anderer Umstand entschieden wirksamer: das Herz im Augenblicke der Erschlaffung schmiegt sich den Umgebungen an, namentlich mit einer breiten Fläche dem Zwerchfelle. Wird es nun in der Contraction starr, so wird eben diese Fläche convex, das ganze Herz müßte sich heben. Da aber das eine Ende der Ventrikel an Vorhöfen und Arterien befestigt ist, so bewirkt dieses Convexwerden der unten ruhenden Fläche um so mehr eine Hebung der Spitze. Die Geräusche folgen sich wie die Zusammenziehungen der Vorhöfe und Ventrikel, d. h.: zwei Töne folgen rasch auf einander, dann ein kurzer Zwischenraum, dann wieder die zwei Töne u. s. f. — Man darf sich aber dadurch nicht zu der Ansicht verführen lassen, daß die Töne nun auch von den Zusammenziehungen der Vorhöfe und Kammern herrührten. Sie treffen nicht damit zusammen, sondern der erste fällt auf die Systole der Kammern, der zweite zwischen diese und die Systole der Vorhöfe.

Nach zahlreichen darüber angestellten Versuchen und pathologischen Beobachtungen ist man endlich dahin gekommen, als Hauptursache des ersten Geräusches vornehmlich die Zusammenziehung der mächtigen Muskelmasse der Ventrikel anzusehen, da in der That ein rasch sich zusammenziehender Muskelbauch ein völlig ähnliches Geräusch bewirkt. *) Der zweite Ton rührt dagegen von der plötzlichen Anspannung der Klappen an den ostia arteriosa des Herzens her.

---

*) Durch einen sonderbaren Zufall habe ich eine sehr einfache und bestimmte Beobachtung darüber erlangt. In der Nacht wachend, hatte ich das rechte Ohr auf der Schulter liegen. Plötzlich hörte ich mehrere Male hintereinander sehr deutlich einen Ton, welcher die größte Aehnlichkeit mit einem Herztone hatte. Ein jedes Mal gleichzeitig Statt habendes, mir sehr bekanntes Gefühl überzeugte mich, daß der Ton von Zuckungen einer starken Abtheilung des musc. deltoides herrühre. Ich habe dann den Versuch in der Weise wiederholt, daß ich durch die Lende einer frisch strangulirten Katze den Strom des elektromagnetischen Rotationsapparates gehen ließ, während ich auscultirte. Die Töne sind sehr stark. Legt man ein zusammengeballtes Tuch zwischen Stethoskop und Object, so erhalten sie mehr das Dumpfe des Herztones, und man hat dabei die Bequemlichkeit, die störenden Stöße zu vermeiden, welche die Muskeln dem Stethoskope ertheilen. B.

Das Herz treibt das Blut in die Arterien, diese drängen es in die Haargefäße. Die Wandungen der Arterien sind sowohl elastisch durch reichlich vorhandenes elastisches Gewebe, welches diese Eigenschaft ebenso nach dem Tode wie vorher zeigt, als auch einer Zusammenziehung fähig. Diese wird durch eigene, von den vorigen verschiedene Fasern bewirkt, welche nur während des Lebens diese Fähigkeit besitzen. Anwendung starker Kälte (Eiswasser) oder des elektromagnetischen Rotationsapparates an lebenden Arterien gibt Gelegenheit, diese Zusammenziehungen wahrzunehmen. Sie treten besonders deutlich an kleineren Arterien hervor und zeichnen sich durch die große Langsamkeit aus, mit welcher sie sich entwickeln. Eine Stelle einer Arterie, auf welche jener unterbrochene elektrische Strom einwirkt, fängt an sich zu verengern und zieht sich auch nach dem Aufhören desselben noch mehr und mehr zusammen. Je nachdem der Strom fünf oder zehn Sekunden oder länger dauerte, bildet sich auch die Zusammenschnürung mäßiger oder stärker aus. Sie kann bei kleinen Arterien bis zu gänzlicher Unterbrechung der Blutbewegung gehen. Nach einiger Zeit erweitert sich das Gefäß dann wieder und kann, wenn die Reizung sehr stark gewesen war, selbst einen bedeutendern Durchmesser als den ursprünglichen erlangen. — Diese Erscheinungen aber, welche an feinen Arterien sehr auffallend, an feinen Venen nur sehr schwach befunden wurden, haben an den großen Arterien und an den feinsten Gefäßen gar nicht mit Sicherheit beobachtet werden können. Sie scheinen also, was die Arterien betrifft, von den feineren gegen die größeren hin allmälig abzunehmen. Dieses steht auch mit dem Baue der Arterien, namentlich damit in erkennbarer Verbindung, daß in einem Theile derselben (den größeren Stämmen) das elastische Gewebe durchaus vorherrscht, während in den feineren Arterien das contractile Gewebe sich in Längs- und Querfasern vorfindet und das elastische verschwindet. Das Letztere ist dem Einflusse des elektrischen Stromes unzugänglich, es gibt, sich selbst überlassen, der Arterie einen gewissen Umfang. Jeder Veränderung desselben, sey diese eine Ausdehnung, etwa durch Druck von Innen, oder eine Verengerung, wie sie durch contractiles Gewebe entstehen könnte, setzt das elastische Gewebe einen Widerstand entgegen. Je mehr des letztern, je weniger des erstern in einer Arterie sich findet, um so weniger kann also die Reizung der Arterie eine Verengerung zur Folge haben. Wir werden sehen, daß das elastische Gewebe eine große Bedeutung für die Circulation überhaupt besitzt, während die contractile Faser offenbar gewisser Modificationen und Eventualitäten der Blutbewegung wegen nothwendig ist.

Nach der bisherigen Darstellung ist es ersichtlich, wie das Blut in den Arterien gleichsam eingeklemmt ist, zwischen der Kraft des Herzens einerseits und den unzähligen, aber sehr feinen Haargefäßen andererseits. So viel Blut das Herz in die Arterien treibt, so viel muß auch durch die Capillaren entweichen, da sie den einzigen Ausweg bilden. Diese Gleichheit des Zu- und Abflusses gilt zwar nicht für die kleinsten Zeittheilchen, da wir aus mikroskopischen Untersuchungen wissen, daß die Blutbewegung in den Haargefäßen bei ausgebildeter normaler Circulation nicht stoßweise geschieht, sondern gleichmäßig. Da nun der Zufluß in die Arterien in Stößen geschieht, so muß unmittelbar nach der Contraction der Ventrikel etwas mehr Blut in den Arterien seyn, als unmittelbar vor einem solchen Acte des Herzens. Für längere Zeitabschnitte dürfen wir aber die Gleichheit des Zu- und Abflusses als vorhanden ansehen. Wie nun die hier in's Spiel tretenden Kräfte: der Druck des Herzens, die Elasticität der Arterien und die, natürlich bedeutende, Hemmung der Blutbewegung durch die Reibung in jenen äußerst feinen Gefäßen zusammenwirken, stellen wir uns im Allgemeinen leicht vor. Denken wir uns z. B., der Vorgang der Circulation sey im Beginnen (wie etwa nach einer Ohnmacht); die Arterien, sowie sämmtliche anderen Gefäße, enthalten Blut, aber die elastische Faser im Zustande der Ruhe, nicht durch das Blut gespannt. — Nun beginne das Herz seine Thätigkeit. Das Blut, welches in den Arterien enthalten war, kann nach der Richtung der Haargefäße ausweichen, aber auch die gar nicht gespannte Arterienwand wird sich leicht um etwas ausdehnen, der vermehrten Blutmasse

etwas Platz machen. Der nächste Herzschlag findet also die Arterien schon etwas gespannter, die gleiche Blutmenge wird jetzt zu einem geringern Theile auf Erweiterung der Arterien verwandt werden können, ein größerer Theil dagegen wird unter dem Einflusse der bedeutendern Spannung der Arterien durch die Haargefäße getrieben. Und so werden die Arterien unter dem Einflusse der Treibkraft einer= und der Hemmung andererseits, bald so angespannt seyn, daß der Druck, welchen sie auf das Blut ausüben, hinreicht, um in dem Zeitraume von einer Zusammenziehung des Herzens bis zur folgenden, stets ebenso viel Blut durch die Haargefäße zu treiben, als das Herz zuführt. Es ist in den Arterien dann ein steter Druck, welcher in der Nähe des Herzens, der periodischen Herzthätigkeit entsprechend, stärkere, fern vom Herzen aber immer geringere Schwankungen erleidet, so daß die gleichmäßige Bewegung durch die Haargefäße die Folge davon ist. Die contractile Faser mag nun auch bei einer solchen gleichmäßigen Circulation als elastisches Mittel mitwirken. In der That sind ja auch die gespannten Muskelfasern, wie wir später sehen, höchst elastisch. Aber wir werden ihr doch auch eine wichtige Function zuschreiben müssen, in welcher sie nicht durch elastisches Gewebe ersetzt werden könnte. Sehr verkehrter Weise hat man eine solche Function der Arterien darin finden wollen, daß die contractile Faser abwechselnd mit den Herzkammern sich zusammenziehe. Dann würden sich also die Arterien zu den Herzkammern verhalten, wie diese sich zu den Vorhöfen. Abgesehen von anderen zahlreichen und schlagenden Gründen, welche sich noch gegen diese seltsame und dennoch oft wiederholte Meinung beibringen lassen, erinnern wir nur an die oben angeführten Beobachtungen über die Art und Weise der Zusammenziehung dieser Gefäße. Ein Gewebe, welches in Folge eines Reizes noch eine Reihe von Sekunden hindurch sich zusammenzieht und alsdann nur langsam in seinen frühern Zustand zurückkehrt, ein solches Gewebe kann doch nicht etwa 60 Zusammenziehungen in einer Minute vollbringen. Die eigenthümliche Leistung dieses Gewebes ist nothwendig eine andere. Um sie zu verstehen, erinnern wir uns daran, daß die Functionen vieler, möglicherweise aller Organe des Körpers periodischen Steigerungen unterworfen sind. Die Organe, welche sich auf die Verdauung beziehen, geben Beispiele von solchen Steigerungen, welche bei den höheren Thieren täglich wiederzukehren pflegen. Gesteigerte Thätigkeiten des Nerven= und Muskelsystemes, mehr dem Willen unterworfen, finden in unregelmäßigeren Perioden Statt. Mit ihnen sind Erhöhungen des Stoffwechsels verbunden, welche nothwendig erhöhte Thätigkeit der Lungen, wohl auch der Nieren, nach sich ziehen. Die Functionen der Haut, der Thränendrüsen sehen wir steigen und sinken. Wir können uns nun kaum eine dieser Thätigkeiten erhöht denken, ohne daß zugleich ein erhöhter Anspruch an die Blutzufuhr gemacht würde. Ja an den Organen, welche unserm Blicke unmittelbar zugänglich sind, sehen wir in der That die Blutfülle lebhaft genug wechseln. Dieß ist nun eben möglich durch das contractile Gewebe der kleinen Arterien. Wir denken uns dieses Gewebe für gewöhnlich in einem Zustande mittlerer Anspannung. Wir finden uns hiezu berechtigt, nicht bloß dadurch, daß diese Hypothese unsere weitere Erklärung so leicht möglich macht und mit keiner Erfahrung in Widerspruch steht, sondern wir haben auch die oben angeführte direkte Beobachtung dafür aufzustellen, daß die Arterien, auf welche ein sehr starker Reiz eingewirkt hatte, sich nachher nicht bloß zu ihrem frühern, sondern zu einem viel bedeutendern Durchmesser wieder ausdehnten. — Ist nun aber die genannte Voraussetzung richtig, so ist in jedem Augenblicke, je nach den verschiedenen Einflüssen des Nervensystemes, entweder eine stärkere Anspannung oder auch ein Nachlassen von der mittlern Spannung in den Arterien möglich. Sobald aber nun durch einen solchen Einfluß eine Erweiterung sämmtlicher feinen Arterien in einem Organe eintritt, ebenso bald sind diese natürlich mit Blut gefüllt, das Organ enthält mehr Blut. Freilich können wir nach den obigen Beobachtungen nicht behaupten, daß sich dieß auch auf die feinsten Gefäße beziehe *), aber wenn auch nur die feinsten Arterien

*) Es versteht sich von selbst, daß man die Maaße der feinen Gefäße, an welchen die Gebrüder E. H. und E. Weber keine Verengerung mehr bewirken konnten, nicht auf alle Wirbelthiere zu über=

bis an die Schwelle des eigentlichen Capillarsystemes solcher Wechselzustände fähig sind, so muß dieß auch schon auf die Capillargefäße wenigstens den Einfluß haben, daß ein stärkerer Blutandrang gegen sie, eine raschere Bewegung in ihnen, Statt finde. Denn je weiter eine Röhre ist, um so geringer ist in ihr die Reibung bei gleicher Geschwindigkeit. Es muß deßhalb, in soweit der Druck derselbe bleibt, das Blut durch die erweiterten Arterien schneller fließen. Diese Beschleunigung würde nun freilich durch die nicht erweiterten Capillaren theilweise aufgehoben, dafür aber auch der Druck gegen sie selbst größer. In dieser Weise also wäre das contractile Gewebe der Arterien geeignet, die Bewegung des Blutes, die Blutfülle der einzelnen Organe, den Bedürfnissen eben dieser Organe anzupassen. —

Durch die Capillaren hindurchgetrieben sammelt sich das Blut in den Venen in immer größere und größere Stämme bis es endlich am Herzen anlangt. Diese Venen sind schlaffer von Bau, als die Arterien, fast überall zahlreicher als diese, und durch die häufigen Querverbindungen ihrer Stämme unter einander wird es leicht möglich, daß das Blut jeder Hinderung, welche es durch zufälligen Druck hie oder da erfährt, in eine andere Vene ausweicht. Solchem zufälligen Drucke sind aber auch die Venen meist weit mehr ausgesetzt als die Arterien. Nicht nur, daß ihre Wandungen schwächer und außerdem durch das Blut weniger ausgespannt sind, sie liegen auch zum Theil sehr nahe unter der Haut und sind somit äußeren Angriffen ausgesetzt. — Da liegt nun in ihrem Bau noch ein eigenes Hülfsmittel, durch welches wenigstens eine eigentliche Rückwärtsschiebung des Blutes unmöglich gemacht wird. Es befinden sich nämlich in sehr vielen Venen, ganz besonders in den Hautvenen, von Stelle zu Stelle ventilartige Klappen. Bei der gewöhnlichen Blutbewegung liegen sie gegen die Wand der Vene an. Sobald aber aus irgend einer zufälligen Ursache eine kleine Rückschiebung einer venösen Blutsäule eintritt, so schließen sich sogleich die zunächst gegen die Haargefäße hin gelegenen Klappen. Jeder Druck kann also auf solche Ventheile nur nach dem Herzen hin entleerend, in anderer Richtung nur hemmend wirken.

Fig. 125.



Venenstück mit vielen Klappen.

Fassen wir den jetzt verzeichneten Lauf des Blutes zusammen, so würde jedes von der rechten Kammer durch die Lungen und in den linken Vorhof getriebene Bluttheilchen von diesem durch irgend ein Organ des Körpers alsbald wieder dem rechten Vorhofe zugetrieben werden und so den Kreislauf auf's Neue beginnen.

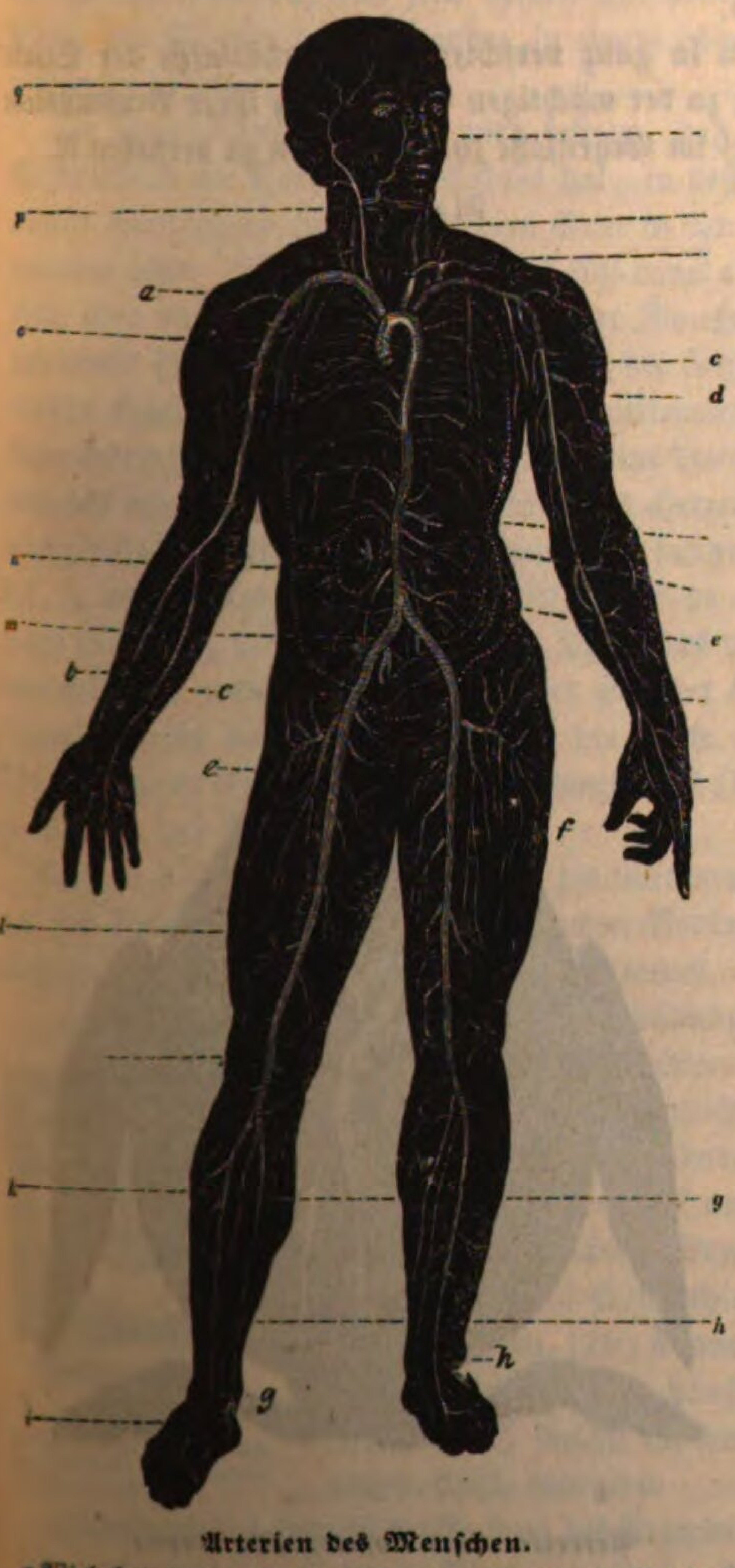
Davon jedoch macht ein Theil des Blutes noch eine Ausnahme. Das Blut nämlich, welches von den Arterien der Gedärme den Haargefäßen dieser Organe zugeführt ist, sammelt sich zwar auch, wie alles andere Venenblut, in Venenstämme, zuletzt in einem Stamme, die sogenannte Pfortader. Diese aber verhält sich nicht unmittelbar als Ast eines andern, größern Venenstammes, sondern sie läuft in die Leber, zertheilt sich hier wieder, wie eine Arterie, so daß ihr Blut erst nach Durchkreisung eines zweiten, in der Leber befindlichen, Haargefäßsystemes wieder in eine Vene gelangt (die Lebervene), welche es direkt in den untern Hohlvenenstamm führt, durch welchen es zum rechten Vorhofe gelangt. Man nennt diesen eigenthümlichen Zweig des großen Körperkreislaufes die Pfortadercirculation. —

---

tragen hat. Die Herren Weber beobachteten an nackten Amphibien, welche die größten Blutkörperchen, also auch die stärksten Haargefäße haben. Sie experimentirten mit sehr bedeutendem Erfolge an Gefäßchen von $^1/_{17}$ Linie Durchmesser, aber ohne Erfolg an Haargefäßen von $^1/_{96}$ Linie und darüber. Diese gehören aber am Frosche schon zu den feinsten Gefäßen, während die Capillaren der meisten anderen Wirbelthiere feiner, zum Theil viel feiner sind. Man darf deßhalb annehmen, daß die Contractilität in den Arterien bis nahe an die Capillargefäße hinreicht. Ja, nach Henle's historischen Untersuchungen ist es wahrscheinlich, daß die g r ö b e r e n Capillargefäße, welche sich in verschiedenen Organen finden, noch contractile Fasern besitzen. Ueber die Lebenszustände der feinsten Haargefäße waltet noch mancher Zweifel.

Viel Gewicht haben manche Physiologen auf eine Ansaugung des Blutes der Venen gegen das Herz gelegt, welche von der Thätigkeit des Herzens selbst oder von den Erweiterungen des Thorax beim Einathmen herrühren sollte. Die Möglichkeit solcher Wirkungen fehlt aber bei vielen Wirbelthieren wohl ganz, und bei anderen, wo sie allerdings nicht völlig fehlen, sind sie so höchst unbedeutend, daß wir sie lieber ganz übergehen, besonders weil ihre Auseinandersetzung unverhältnißmäßig viel Raum einnehmen würde, wie es so oft gerade mit den unbedeutendsten Sachen der Fall ist. Doch wollen wir auf einen Grund aufmerksam machen, welcher völlig hinreicht, um die Unwichtigkeit saugender Kräfte für die Bewegung des Venenblutes zu zeigen: das ist eben die Schlaffheit der Venenwandungen. Jeder Versuch, aus einer schlaffen Röhre zu saugen, muß ein Zusammenfallen derselben bewirken, kann also nur einigermaßen zu einer ohnehin bestehenden Bewegung als Erleichterung beitragen, nicht aber in ferneren Theilen einer solchen Röhre Bewegung bewirken. Wir werden uns auf denselben Grund wieder zu beziehen haben bei Gelegenheit der Bewegung der Lymphe, deren Besprechung später erfolgt. Scheint es bei der Lymphbewegung verzeihlicher, auf eine Saugkraft Gewicht zu legen, weil die eigentliche Ursache der Lymphbewegung weniger erkannt ist, als die in ihren Grundzügen so klare Ursache der Blutbewegung, so ist es auf der andern Seite, bei der großen Zartheit der Lymphgefäßwandungen und bei einigen sehr entscheidenden Experimenten, doch durchaus unbegreiflich, wie man noch in neuerer Zeit den Muth hat fassen können, eine Ansaugung, sey es von Seiten des Herzens oder von Seiten des Thorax, für die wesentliche Ursache der Lymphbewegung auszugeben.

Fig. 126.



Arterien des Menschen.

a Wirbelarterie; b Art. subclavia; c A. axillaris; d A. brachial; e A. coeliaca; f A. radialis; g A. tibialis post; h A. peronaea communis; i A. dorsalis pedis; k A. tibial. antica; l A. femoralis; m A. iliaca; n A. renalis; o Aorta; p A. carotis; q A. temporalis.

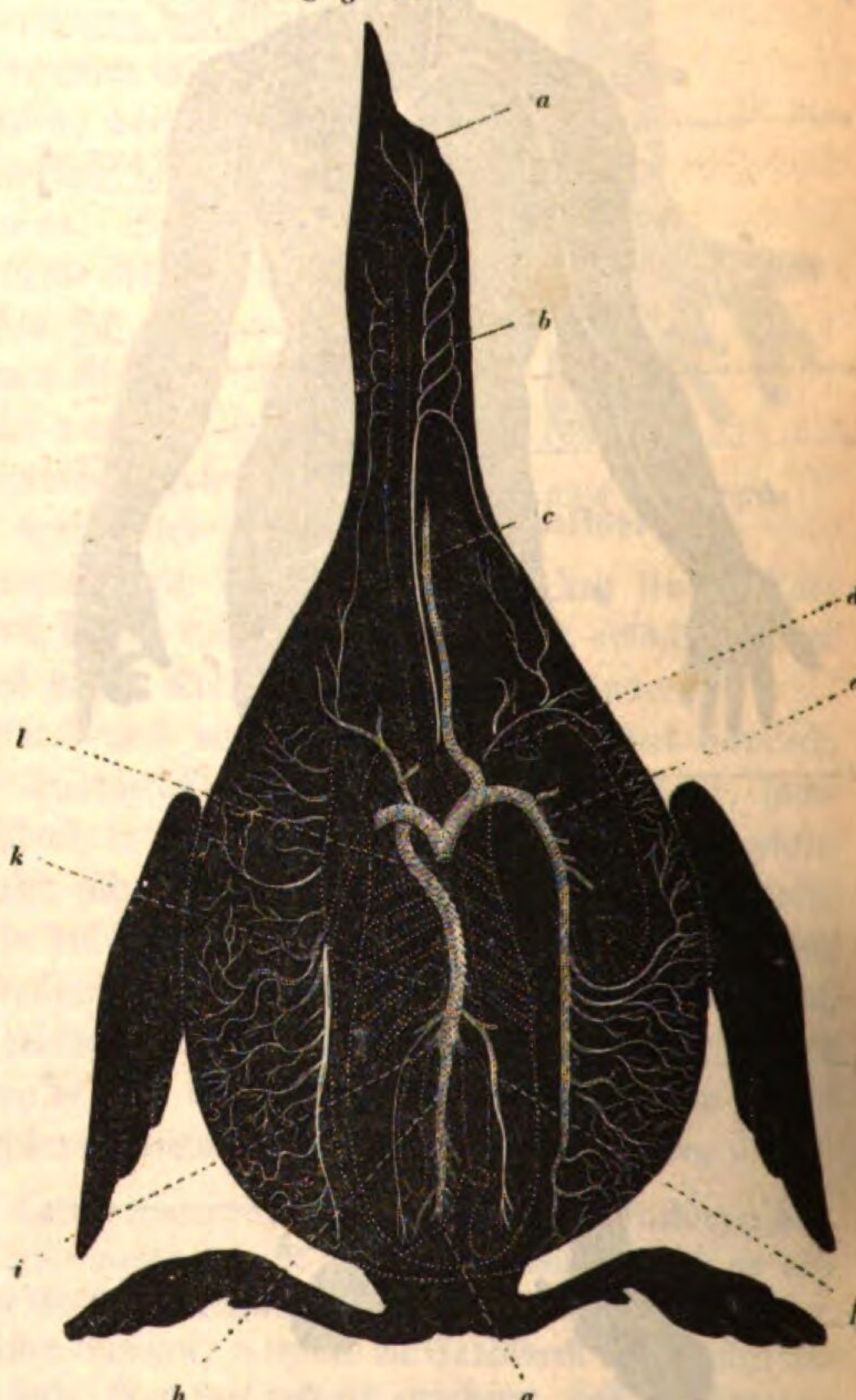
Nachdem wir im Vorigen ein Bild des Kreislaufes und seiner Organe entworfen haben, welches in seiner Allgemeinheit als richtig für die Säugethiere und Vögel angesehen werden kann, so bleibt nun die Aufgabe, die wesentlichsten Unterschiede in der Anordnung des Herzens und der Blutgefäße, durch welche sich die Amphibien und Fische auszeichnen, daran zu knüpfen. Da aus dieser Vergleichung, namentlich insofern sie die Arterien betrifft, auch noch einige Aufklärung für gewisse Differenzen in den ersten Verzweigungen der Hauptarterie des Körpers, der Aorta, bei Säugthieren und Vögeln hervorgehen, so sey hier über diese beiden Klassen nur bemerkt, daß bei einer großen Aehnlichkeit im Plane der Vertheilung ihrer Blutgefäße, doch große Verschiedenheiten in

der Ausbildung der einzelnen Arterien sich finden, je nachdem nämlich die Theile, zu welchen sie das Blut führen, hier oder dort mehr entwickelt sind. Die beistehenden Figuren, vom Menschen und einem Vogel entnommen, sind geeignet dieß zu zeigen. In beiden ist der Anfang des Körperarteriensystemes in der Brust sichtbar, wie ein abgeschnittener Stamm, da das Herz entfernt ist.

Beim Menschen sieht man den Anfang der Aorta einen schönen Bogen (Arcus aortae) bilden, von dessen Gipfel drei Hauptarterien ausgehen; die erste, rechts (im Objecte) gelegene, ist der gemeinsame Stamm hauptsächlich für den rechten Arm und die rechte Kopfhälfte (Truncus anonymus mit den beiden Hauptästen: Art. subclavia dextra und Carotis communis dextra) bestimmt; dann treten Carotis communis sinistra und Subcl. sin. jede getrennt hervor; nach Abgabe dieser Zweige biegt sich die Aorta hinab, der Arcus geht in die Aorta descendens über und diese, nach Abgabe vieler, theilweise mächtiger Zweige für die Wandungen und Eingeweide des Rumpfes, zerfällt schließlich in zwei große Zweige, welche den unteren Extremitäten das Blut zuführen, deren Lendenmuskeln jedoch noch von anderen Aesten der Aorta versorgt werden.

Bei dem Vogel sehen wir die Arterien in ganz verschiedenem Verhältnisse der Stärke auftreten, was hauptsächlich in Beziehung zu der mächtigen Entwicklung ihrer Brustmuskeln und der Muskelarmuth ihrer Unterschenkel im Gegensatze zum Menschen zu verstehen ist.

Fig. 127.



Arterien eines Vogels. (Podiceps.)

a Art. lingualis; *b* A. carotis ext.; *c* A. carotis; *d* A. axillaris; *e* A. thoracica externa; *f* A. femoralis; *g* Kloake; *h* A. sacralis; *i* A. ischiadica; *k* A. renalis; *l* Aorta.

Wir sehen hier die Aorta bei ihrem Anfange alsbald in zwei mächtige Stämme zerfallen, deren linker (im Objecte) einen linken Truncus anonymus (Stamm der bedeutendsten linken Haupt- und Armschlagadern) vorstellt. Die Aorta selbst wendet sich hier rechts, statt links, und eben deßhalb sind die Arterien der linken Seite hier die zuerst entspringenden. Die Aorta gibt nun auch einen rechten Truncus anonymus und wendet sich dann, diese beiden mächtigen Aeste nicht an Stärke übertreffend, nach abwärts. Unter den Aesten der Trunci anonymi sind nun die eigentlichen Armarterien keineswegs sehr ausgezeichnet, da der Arm der Vögel wenig durch Muskeln belastet ist, und hauptsächlich durch die großen Brustmuskeln beim Fluge bewegt (nach abwärts geschlagen) wird. Zur Ernährung dieser Muskeln ist denn der mächtige Zweig hauptsächlich bestimmt, welcher auf der linken Seite des Präparates vollständig in seinem rückwärts gerichteten Laufe zu sehen, rechts theilweise verdeckt ist. — Die Schenkelarterien bilden nur untergeordnete Zweige der Aorta descendens. Die hier betrachteten Verschiedenheiten sind theils einer physiolo-

gischen, theils einer morphologischen Deutung leicht zugänglich. Das sehr verschiedene Aussehen, welches die beiden dargestellten Arteriensysteme durch die bloße Proportion der Theile des Systemes, der einzelnen Arterien unter sich, bekommen, ist physiologisch, wie schon gezeigt wurde, verständlich, während es einer morphologischen Deutung keinen weitern Angriffspunkt darbietet, indem die Einheit des Planes durch jene Größendifferenzen nicht gestört erscheint. Wohl aber finden wir eine Abweichung des Planes in dem ersten Ursprunge der Hauptgefäße: die Aorta wendet sich beim Vogel rechts, es geht gleich von ihrem Ursprunge ein großer Ast und weiterhin ein anderer ähnlicher ab, welche die Stelle der drei Aeste des menschlichen Aortenbogens vertreten. Dieser Unterschied ist nun keiner physiologischen Deutung zugänglich, die Blutvertheilung würde nach einer Einrichtung, wie sie beim Menschen sich findet, eben so gut auch beim Vogel geschehen können, wenn nur die vorhin erwähnten Proportionen der Größe der Arterien beobachtet wären. Wir können dagegen gerade in dieser Verschiedenheit des Planes ein Interesse finden, wenn wir dieselbe morphologisch zu erfassen streben, wenn wir mit Hülfe der Anatomie der Reptilien und Fische und des Embryo erkennen, daß jene beiden Anordnungen und noch einige andere, bei Säugethieren und Vögeln vorkommende, in einem höhern Plane enthaltene, nur besondere Entwicklungen desselben sind.

Die Entwicklungsgeschichte wird lehren, daß erstlich das Herz ursprünglich bei allen Wirbelthieren die Form eines Rohres hat, in dessen hinteres Ende alles ankommende Blut eintritt, während es aus dem vordern Ende in den Anfang des Arteriensystemes wieder ausgetrieben wird. Dieses Rohr krümmt sich dann allmälig so zusammen, daß das erst hintere Ende über das Herz (die Frucht auf der Bauchseite liegend gedacht) hinauf rückt. Der gekrümmte Theil nimmt mehr und mehr die Gestalt eines Schlauches an, während an der venösen Einmündung ebenfalls eine Erweiterung sich bildet. An der Ausmündungsstelle bildet sich dann noch eine dritte Erweiterung. Dieß entspricht nun ungefähr der Einrichtung des Herzens bei den Fischen, die durchgängig eine schlauchartige Erweiterung besitzen, eine Art von Vorhof, in welche alles Venenblut eintritt. Von da gelangt es in den einfachen Ventrikel, welcher sich aus dem Theile des ursprünglichen Rohres entwickelt hat, welches hauptsächlich der Sitz der Krümmung war. Der Ventrikel treibt das Blut dann durch die dritte (oft auch mit Muskelfaser bekleidete) Erweiterung, die Aortenzwiebel (bulbus arteriosus), in den Anfang des Arteriensystemes.

Fig. 128.



Herzhöhlen eines Fisches.
a Vorhof; *v* Ventrikel.

Bei den höheren Wirbelthieren ist die Metamorphose anfangs auch ganz ähnlich. Nur zeigt sich statt der Ausbildung der einfachen Vorkammer gleich Anfangs eine doppelte Ausbauchung des in's Herz tretenden Venenstammes.

Fig. 129.



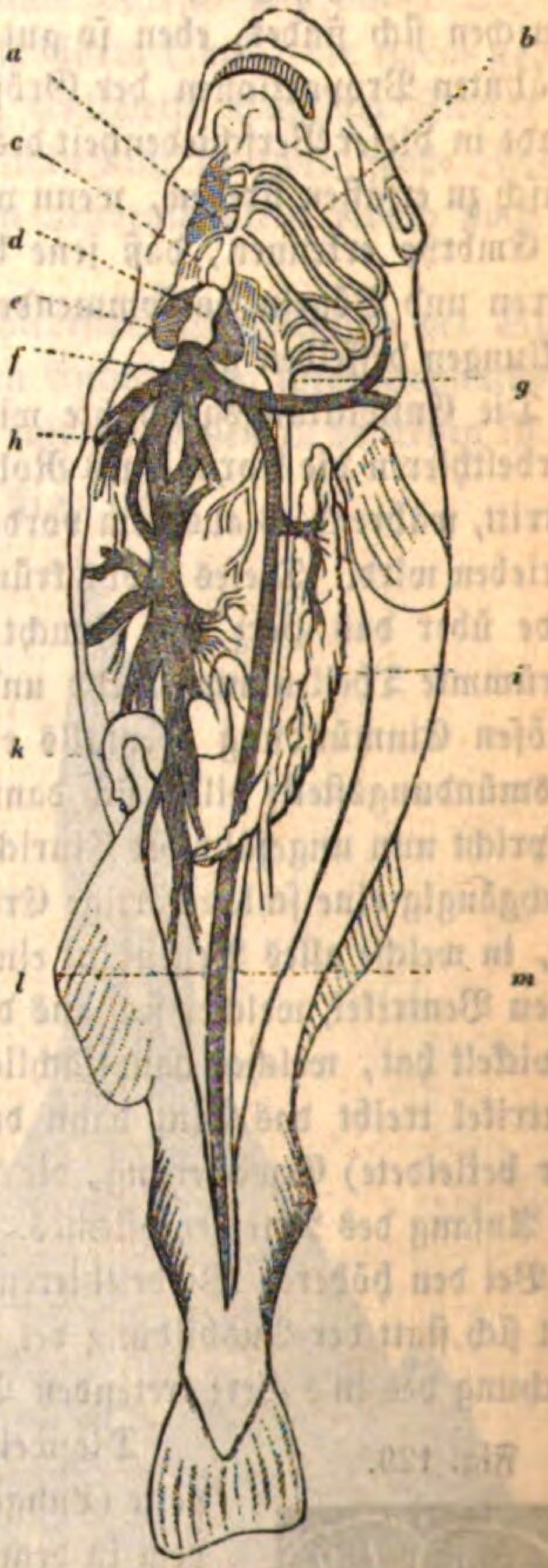
Herzhöhlen eines Reptils.
r a rechter Vorhof; *l a* linker Vorhof; *v* einf. Ventr.

Die weitere Ausbildung, durch welche der oben beschriebene doppelte (Lungen- und Körper-) Kreislauf möglich wird, geschieht, indem in dem Vorhofe des Herzens, in dem Ventrikel und bis in das Arteriensystem hinein durch Scheidewände eine Sonderung in zwei Vorhöfe, zwei Ventrikel und den Anfang der Aorta und der Lungenarterie eintritt. Diese Sonderung haben wir in ihrer höchsten Entwicklung bei den Säugethieren und Vögeln kennen gelernt. Bei den Reptilien (Fig. 128) finden wir dagegen unvollendete Formen derselben, namentlich sehr häufig noch Unvollständigkeiten der Ventrikelscheidewand, welche an den Ursprung der Ventrikel aus einer einfachen Höhle erinnern.

Ebenso wie das Herz ist der Anfang des Arteriensystemes bei allen Wirbelthieren ursprünglich nach einem gemeinsamen Plane angelegt. Wir sprechen zunächst von einer Zeit, in welcher die Lungen noch nicht existiren; das vordere Ende des Herzens liegt sehr weit nach

vorn, unter einem Stückchen des Darmrohres, dessen Anfangstheil sich dem Schlunde vergleichen läßt. Aus diesem vordern Ende des Herzens tritt nun ein Stamm, welcher in zwei symmetrische Aeste zerfällt. Diese steigen zu beiden Seiten jenes vordersten Theiles des Darmrohres gegen die Rückenseite des Thieres hinauf, wenden sich oben mehr und mehr rückwärts und vereinigen sich dann in der Mittellinie über dem Darme wieder als Aortenwurzeln zur Aorta descendens. Hinter jenem ersten Paare entsendet nun derselbe Stamm bald ein zweites, drittes, viertes, fünftes Paar solcher Gefäßbögen, und alle linken Bögen bilden dann zusammen die linke, alle rechten die rechte Aortenwurzel.

Fig. 130.



Schema der Blutgefäße eines Fisches,
namentlich an den Kiemenbögen vereinfacht, indem sie als einfache aufsteigende Gefäße dargestellt sind.

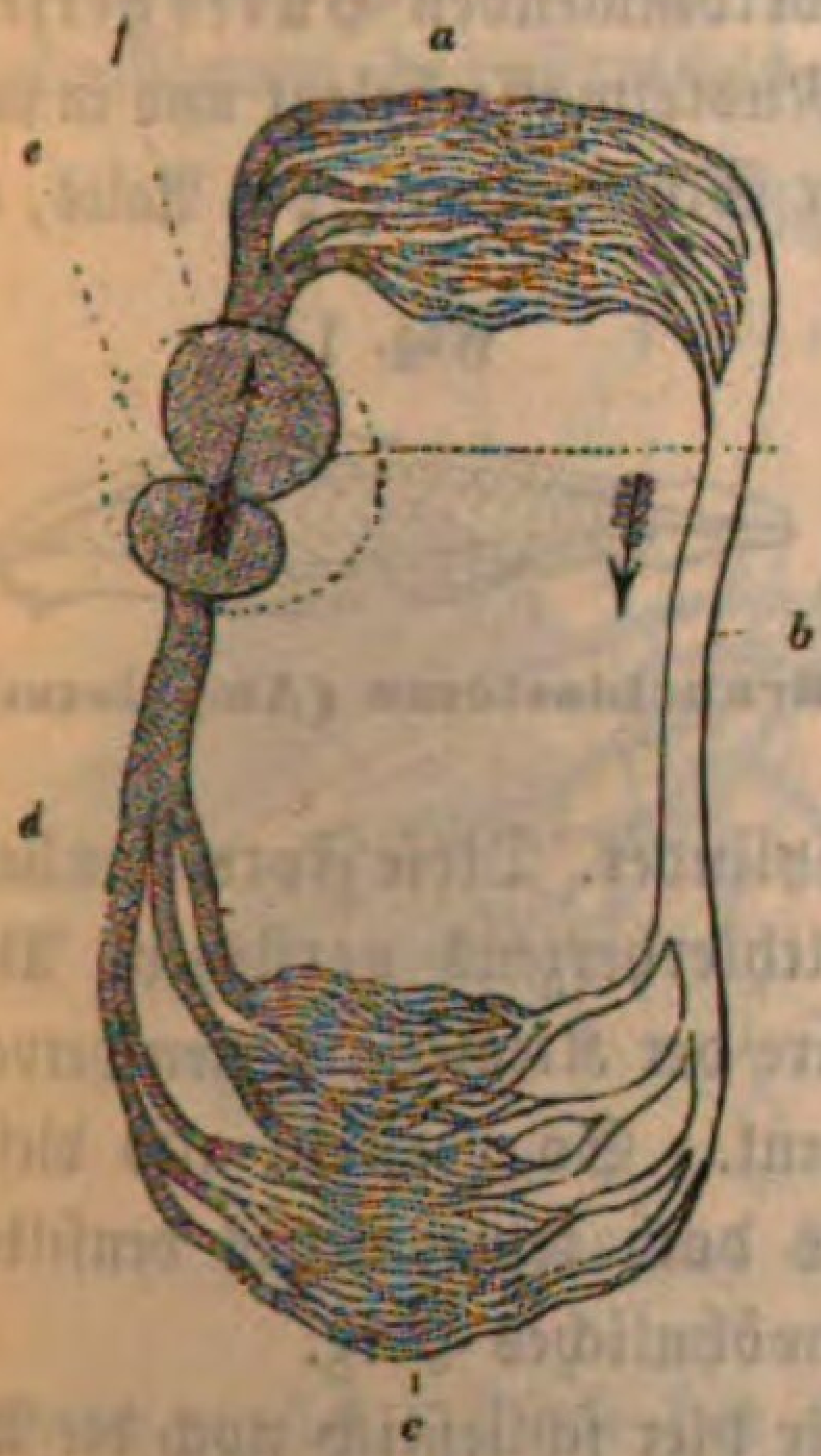
a Hauptstamm des Gefäßsystems; *b* Herzzwiebel oder bulbus arteriosus; *c* Kiemenbögen; *d* Herzkammer; *e* Vorhof; *f* Venensack; *g* Aorta; *h* Pfortader, Leber u. s. w.; *i* Nieren; *k* Darm; *l* Schwanzvene; *m* Aorta.

Bei den Fischen bleiben mehrere Paare dieser Bögen zeitlebens, ja es kommen ihrer noch mehr als fünf vor, während bei den höheren Thieren der erste Bogen schon schwindet, wenn die hinteren sich bilden, so daß die fünf Paare bei ihnen nie gleichzeitig vorhanden sind. Hier treten überhaupt bald solche Reductionen ein, daß nur die Verfolgung dieses Vorgangs zeigen kann, wie auch noch die ausgebildeten Formen des Arterienursprunges der höheren Thiere auf jenen gemeinsamen Plan zurückzubeziehen sind.

Bei den Fischen bleiben aber jene Bögen auch nicht so einfach, sondern erleiden eine sehr bedeutende Umbildung, welche ihnen eine besondere physiologische Rolle zuertheilt. Es bilden sich früh zwischen den einzelnen Gefäßbögen Spalten, von der äußern Körperfläche aus bis in das Darmrohr eindringend. Das sind die Kiemenspalten, und jeder Gefäßbogen liegt somit in einem Kiemenbogen. Dann entwickelt sich das Gefäß in der eigenen Weise, daß aus ihm zwei durch das respiratorische Haargefäßnetz mit einander zusammenhängende Gefäße entstehen, wie sie im Abschnitte von der Athmung sich beschrieben finden. — Die Haupteigenthümlichkeit des **Kreislaufes der Fische** besteht hiernach darin, daß ein einfacher Ventrikel die sämmtliche Circulation bewirkt. Das Blut geht vom Ventrikel aus zu den Respirationsorganen, sammelt sich aus den Haargefäßen derselben wieder in die sog. Kiemenvenen (welche ebenso wie die Lungenvenen der höheren Thiere arterielles Blut führen), und diese setzen sich dann unmittelbar in die Arterien des Körpers fort. Sie bilden jederseits über dem Schlunde einen Stamm, und diese beiden Stämme treten nach hinten als Aortenwurzeln zur Aorta descendens zusammen. Aber nicht bloß von dieser Hauptarterie aus geht nun das Blut in die Capillargefäße des Körpers über, sondern die beiden erwähnten Stämme haben auch noch vorn, unter dem Schädel, eine Anastomose, aus welcher für den Kopf wichtige Gefäße entspringen. Durch die vordere Anastomose und den hintern Zusammentritt zur Aorta bilden also die beiden seitlichen, aus dem Zusammentritte aller Kiemenvenen je einer Seite entstandenen Gefäße eine Art von Gefäßkreis, von welchem aus nach hinten und vorn die hauptsächliche Blutvertheilung geschieht. Andere Arterien gehen jedoch auch schon von den einzelnen Kiemenvenen ab. All dieses Blut muß also durch ein Athmungsgefäßnetz hindurch gehen, um dann wieder durch Arte-

rien im Körper vertheilt zu werden, durch die Capillargefäße der Körperorgane hindurch wieder in Venen einzutreten. Und selbst durch ein drittes Capillarsystem muß ein guter Theil des Blutes hindurch gehen, um wieder zum Herzen zurückzugelangen. Denn auch bei den Fischen findet sich ein Pfortadersystem der Leber, welches hier seine Wurzeln selbst noch weiter ausbreitet, als bei den höheren Thieren, wo es allein aus Venen des Darmkanales entsteht. Ja man hat selbst wahrzunehmen vermeint, daß gewisse Venen, welche hauptsächlich vom hintern Theile des Körpers herstammen, ein ähnliches Pfortadersystem für die Nieren bildeten. Diese Venen versenken sich allerdings in die Nieren, aber es muß für zweifelhaft gelten, ob sie sich darin in ein Haargefäß auflösen oder nur hindurchstreichen. Beide Verhältnisse kommen bei den Amphibien wirklich vor; die sog. venae renales advehentes lösen sich bei vielen Amphibien wirklich in ein Capillarsystem innerhalb der Nieren auf, aus welchem dann die venae renales revehentes entspringen. Aber bei anderen Amphibien, Schlangen, besonders Schildkröten, streichen diese Venen mehr nur durch die Niere hindurch, wie es auch bei den Vögeln geschieht. Es läßt sich eine gewisse Wahrscheinlichkeit nicht verkennen, daß dieses Verhältniß bei den Fischen eher dem der niederen Amphibien ähnlich, also eine wirkliche Auflösung in Capillargefäße seyn wird, als daß sich die Fische den genannten höheren Amphibien und den Vögeln näher anschließen sollten.

Fig. 131.



Schema des Kreislaufes bei Fischen.

a Kleiner oder Kiemenkreislauf; *b* Aorta; *c* Körperkreislauf; *d* Körpervenen; *e* Vorhof; *f* Kammer.

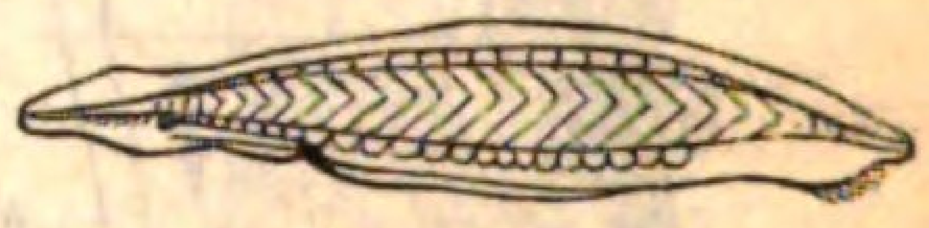
Ungeachtet nun aber der Cirkulationsapparat der Fische insofern ein wenig entwickelter genannt werden darf, als nur der eine, verhältnißmäßig kleine, Ventrikel die Ursache der Bewegung durch diese verwickelten Gefäßbildungen ist, so erscheint die Einrichtung des Gefäßsystemes doch in einer andern wichtigen Hinsicht als eine sehr vollkommene. Es ergiebt sich nämlich aus der vorherigen Darstellung, daß alles Blut, welches zum Herzen zurückkehrt, ehe es wieder in den Körper zurückgelangt, durch die Kiemen laufen, den Respirationsact vollziehen muß, ebenso wie das bei den Säugethieren und Vögeln auf eine andere Weise erreicht ist. — Bei den Amphibien dagegen finden wir in eben dieser Einrichtung eine mehr oder weniger bedeutende Unvollkommenheit.

Das Gefäßsystem der Fische bietet noch manche, großentheils aber für die Physiologie gänzlich oder doch bis jetzt unzugängliche Eigenthümlichkeiten dar. So findet sich in der Anlage ihres Venensystemes manche bedeutende Abweichung von dem Plane dieses Systems bei den höheren Thieren, Abweichungen, welche die Entwicklungsgeschichte zu deuten befähigt scheint, welche indessen noch zu wenig in dieser Hinsicht bearbeitet sind, um mit Sicherheit ein allgemeines Bild von dem Plane des Venensystemes und seinen Metamorphosen zu entwerfen. Doch ist so viel klar, daß auch hier wie bei den Arterien die Abweichung der Fische von der ursprünglichen Anordnung der Stämme weniger groß ist, als bei den höheren Thieren. — Ebenso wenig, als diese Besonderheiten im Gefäßapparate der Fische sind wir bis jetzt im Stande von den vielen bei diesen Thieren vorkommenden sog. Wundernetzen eine physiologische Deutung zu geben. Dieß sind eigenthümliche, bei den Fischen häufiger, als bei anderen Wirbelthieren vorkommende Verästelungen der Arterien und Venen. Eine Arterie vertheilt sich in zahlreiche Aeste, welche reichlich unter einander anastomosiren, also im Großen ein Netz bilden, wie die Haargefäße im Kleinen. Aus diesen arteriellen Gefäßplexus oder Wundernetzen treten dann die Gefäße wieder hervor, um sich in die Haargefäßverzweigung zu begeben. Die Venen, aus den Haargefäßen hervortretend, bilden unter sich wieder ein ähnliches reiches Netz. So findet es sich bei Fischen sehr schön an der

Schwimmblase in mancherlei Gestalten ausgebildet. So zeigt es sich sehr häufig auch an der Augenarterie und der entsprechenden Vene und bildet ein Gefäßconvolut, welches mit Unrecht den Namen einer Drüse erhalten hat (glandula choroidalis). Auch an Darmblutgefäßen hat man solche merkwürdige Entwicklungen mehrfach nachgewiesen. Unter den Säugethieren bieten namentlich die Carotis der Delphine und die Arterien der Extremitäten bei den Faulthieren, Ameisenfressern und einigen anderen, solche Wundernetze dar. Bei den Vögeln zeigen sich Wundernetze häufig an den hinteren Extremitäten.

Physiologisch wichtiger sind bei den Fischen die mehrfach vorkommenden Hülfsherzen, Stellen an bestimmten Blutgefäßen, wo sich dieselben mit Muskelmasse belegt und in pulsirender Bewegung zeigen. Diese hat man gefunden an der Schwanzvene des Aales, an den Arterien der Brustflossen bei Torpedo und Chimären, an der Pfortader bei Myxine, Branchiostoma, vielleicht auch bei einer Darmvene einiger Plagiostomen, welche ihren seltsamen Verlauf in der Klappe des Dickdarmes dieser Thiere (worüber oben S. 89) hat. — Zu bemerken ist hier auch noch die ganz exceptionelle Form des Herzens bei Branchiostoma. Was man hier als Herz bezeichnet, ist ein einfacher contractiler Cylinder. Diese Form nun ließe sich wohl aus der allgemeinen embryonalen Form des Wirbelthierherzens verstehen. Aber aus diesem Herzen des Branchiostoma treten seitwärts die Paare der Kiemenarterien hervor, deren jede mit einer kleinen contractilen Anschwellung beginnt. So versieht also dieses Organ wohl physiologisch die Rolle des Herzens, während es doch keineswegs denselben Platz in dem Bauplane des Gefäßsystems einnimmt wie ein gewöhnliches Herz.

Fig. 132.



Branchiostoma (Amphioxus).

Als Uebergang zum Gefäßsysteme der Reptilien nennen wir hier schließlich noch die Andeutung einer Theilung des Herzens bei Lepidosiren, eine Abtheilung durch eine unvollkommene Scheidewand in zwei Vorhöfe, deren einer das Lungenblut aufnimmt, und eine noch weniger vollständige Theilung des Ventrikels.

Im Gefäßsysteme der Reptilien erkennen wir Uebergangsformen zwischen den Einrichtungen der Fische und den zuerst beschriebenen der Säugethiere und Vögel. Näher den Fischen stehen besonders die nackten Amphibien und unter diesen wieder am nächsten die sog. Perennibranchiaten, Thiere, welche, wie Lepidosiren, gleichzeitig durch Kiemen und durch Lungen athmen. Die beschuppten Amphibien nähern sich mehr den höheren Wirbelthieren, ohne daß jedoch eine so vollständige Scheidung des Lungen- und Körperkreislaufes bei ihnen erreicht würde, als bei diesen. Bei den Perennibranchiaten tritt das Blut, wie bei den Fischen, vom Herzen aus durch einen einfachen Stamm in verschiedene Kiemenbögen. Die in den Kiemenbögen aufsteigenden Gefäße verzweigen sich aber nicht vollständig an die respiratorischen Entwicklungen, sondern geben nur einen Ast zu diesem Zwecke ab, während die Hauptgefäße theils zur Zusammensetzung der Aortenwurzeln weiter hinauf steigen und dabei das von der Kieme zurückkehrende Blut mittelst einer kleinen Kiemenvene unterwegs wieder empfangen, theils auch andere Arterien, namentlich zu den vorderen Theilen des Körpers direkt abgeben.

Da in eben der Gegend, wo diese Kiemengefäßbögen den Speisekanal umgeben, die Lungen aus demselben hervorgewachsen sind, so haben sie ebenfalls jederseits aus einigen Kiemenbögen Gefäße erhalten, welche sich mit den Lungen ausbilden, Lungenarterien *) darstellen. Das Blut aber, welches aus dem Athmungsgefäßnetze der Lungen durch Lungenvenen zurückkehrt, läuft nicht wie das Blut der Kiemen wieder in dieselben Gefäße zurück, aus welchen die Arterien es fortführten, sondern es geht zum Herzvorhofe, welcher dann auch schon bei allen diesen Thieren eine Scheidewand, bei vielen Reptilien eine ganz vollständige, besitzt (siehe Fig. 129).

*) Auch bei Lepidosiren (annectens) entspringen die Lungenarterien aus den Kiemenbögen, wie mir Prof. Bischoff jüngst an einem von ihm angefertigten Präparate zeigte, nicht aus dem Anfangstheile der Aorta. L.

Bei den nackten Amphibien findet sich nun ganz allgemein, nachdem sie das Ei verlassen haben, ein Zustand, welcher dem der Perennibranchiaten ganz ähnlich ist, gleichzeitige Function von Kiemen und Lungen, welche später aber durch Verkümmerung der Kiemen der bloßen Lungenrespiration weicht, womit dann in der Einrichtung des Gefäßsystemes diejenigen Veränderungen vor sich gehen, welche gleichsam als erster Schritt zu einer Ausbildung des Gefäßsystems, wie sich dasselbe bei höheren Thieren findet, betrachtet werden können. Daher sind eben diese Entwicklungserscheinungen auch besonders geeignet, um die erwähnten Verhältnisse zu verstehen. Wir geben hier drei Darstellungen der Hauptarterienstämme des Frosches auf verschiedenen Entwicklungsstufen. — Die Fig. 133 zeigt zunächst eine Anordnung, welche dem Gefäßsysteme der Fische sehr nahe steht, mehr als das entwickelte System der Perennibranchiaten. Von dem bulbus Aortae (a) sieht man nach jeder Seite drei Kiemengefäße abgehen. *) Das vorderste Gefäß jeder Seite verzweigt sich an seine Kieme (br 1) und das Blut kehrt dann durch eine Kiemenvene zurück. Diese hat aber ihren Zusammenhang mit den Aortenwurzeln schon verloren, so daß der von der Kieme zurückkehrende Blutstrom in die Arterien o o t t übergeht, welche für Kopf und vordere Extremitäten bestimmt sind. Der Gefäßbogen der zweiten Kieme gibt dagegen, nach einem sonst ähnlichen Verlaufe, nur wenig Blut in diese vorderen Arterien, während der Hauptstamm der Kiemenvene jederseits in die Aortenwurzel seiner Seite (c) tritt. Der dritte Kiemenbogen tritt der Hauptsache nach ebenfalls in das Aortensystem über. Nur kleine Zweige treten vorher jederseits als Arteriae pulmonales (ap) an die sich bildenden Lungen.

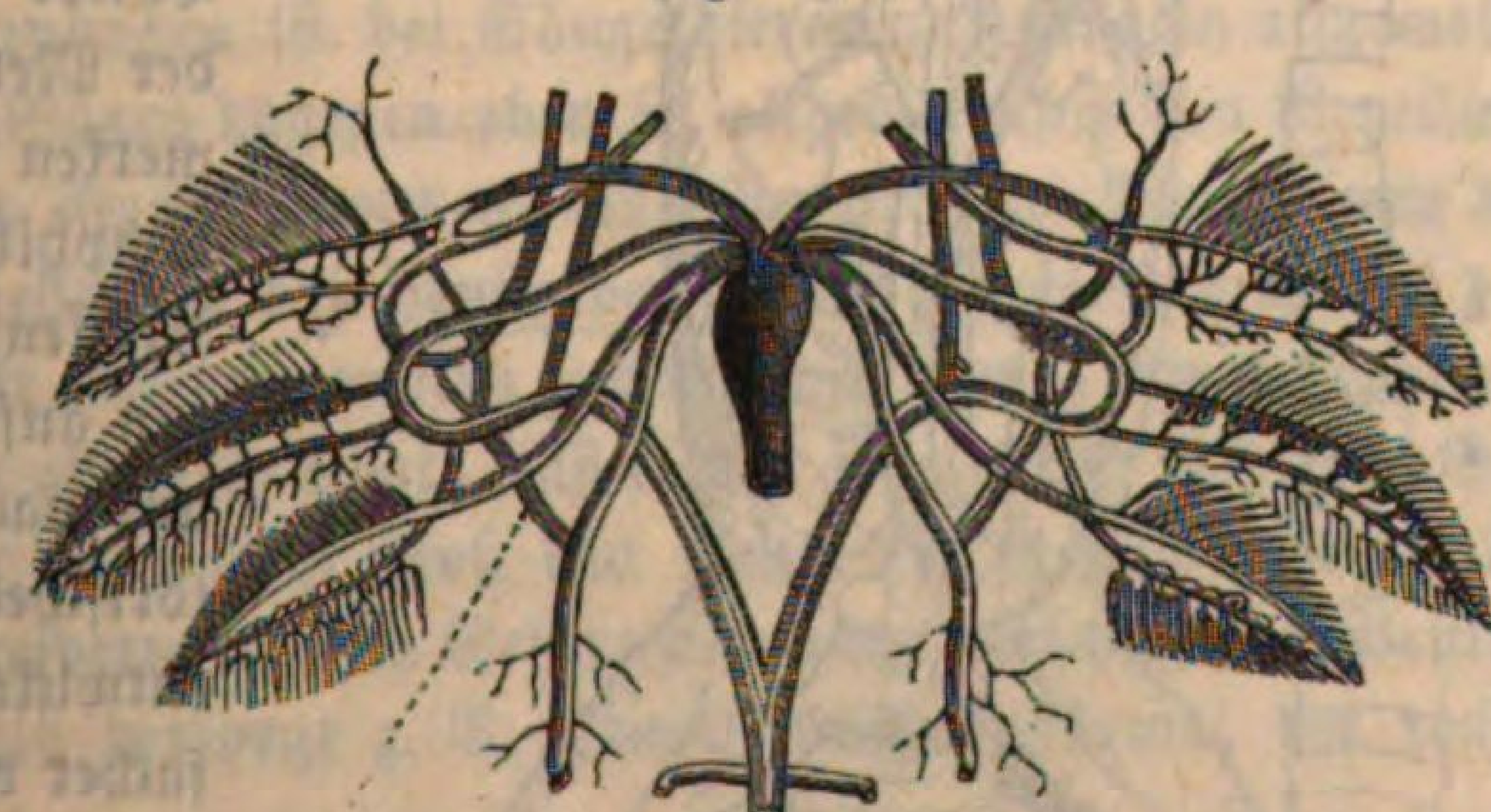
Fig. 133.



Hauptgefäßstämme einer jungen Froschlarve.

Der zweite Zustand, Fig. 134, ist sehr ähnlich dem der Perennibranchiaten. Eine wichtige Veränderung ist hier vorgegangen, indem jederseits aus drei kleinen Gefäßen, welche in der vorigen Figur eine fast unmerkliche Verbindung zwischen jeder Kiemenarterie, ehe sie sich in die Kieme senkt und der von da zurückkehrenden Vene herstellten, jetzt so bedeutend geworden sind, daß offenbar in jedem Bogen die Hauptmasse des Blutes direkt aufsteigt zu den Arterien des

Fig. 134.



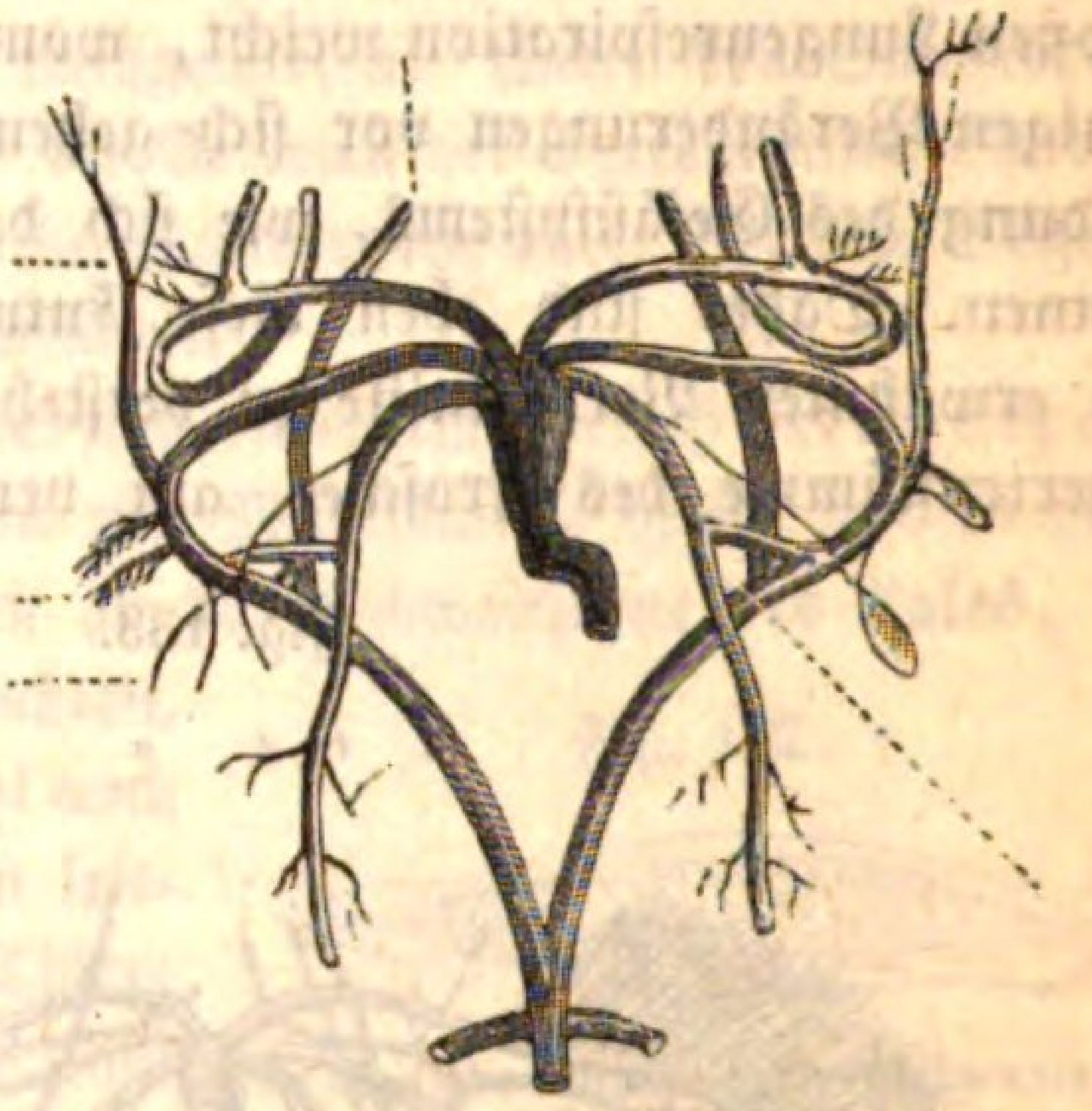
Hauptgefäßstämme einer ältern Froschlarve.

*) Wir benützen die hier mitgetheilten Abbildungen, weil sie für die Hauptsache sehr instruktiv sind, ohne jedoch für alles Detail einstehen zu wollen. So zerfällt z. B. nach Rathke (Burdach's Physiologie II. §. 393. c. 2te Aufl.) das Gefäß bei seinem Austritte aus der Aortenzwiebel erst in zwei Stämme, aus jedem derselben treten dann nicht drei, sondern vier Kiemenbögen hervor. Man hat sich vorzustellen, daß das feine Gefäß, welches hier aus dem Anfange des dritten Kiemenbogens tritt, selbst ein Kiemenbogen und viel stärker ist, als es hier dargestellt wird. Aus diesem würde dann erst die feine Lungenarterie entspringen, während der Rest des Blutes durch eine Kieme hindurch in das Gefäß 3 tritt, welches zum Aortenwurzelsystem gehört.

Körpers, ohne den Umweg durch die Kiemen zu machen. In der ersten Figur sind zwei dieser Gefäße (mit 1 und 2) bezeichnet.

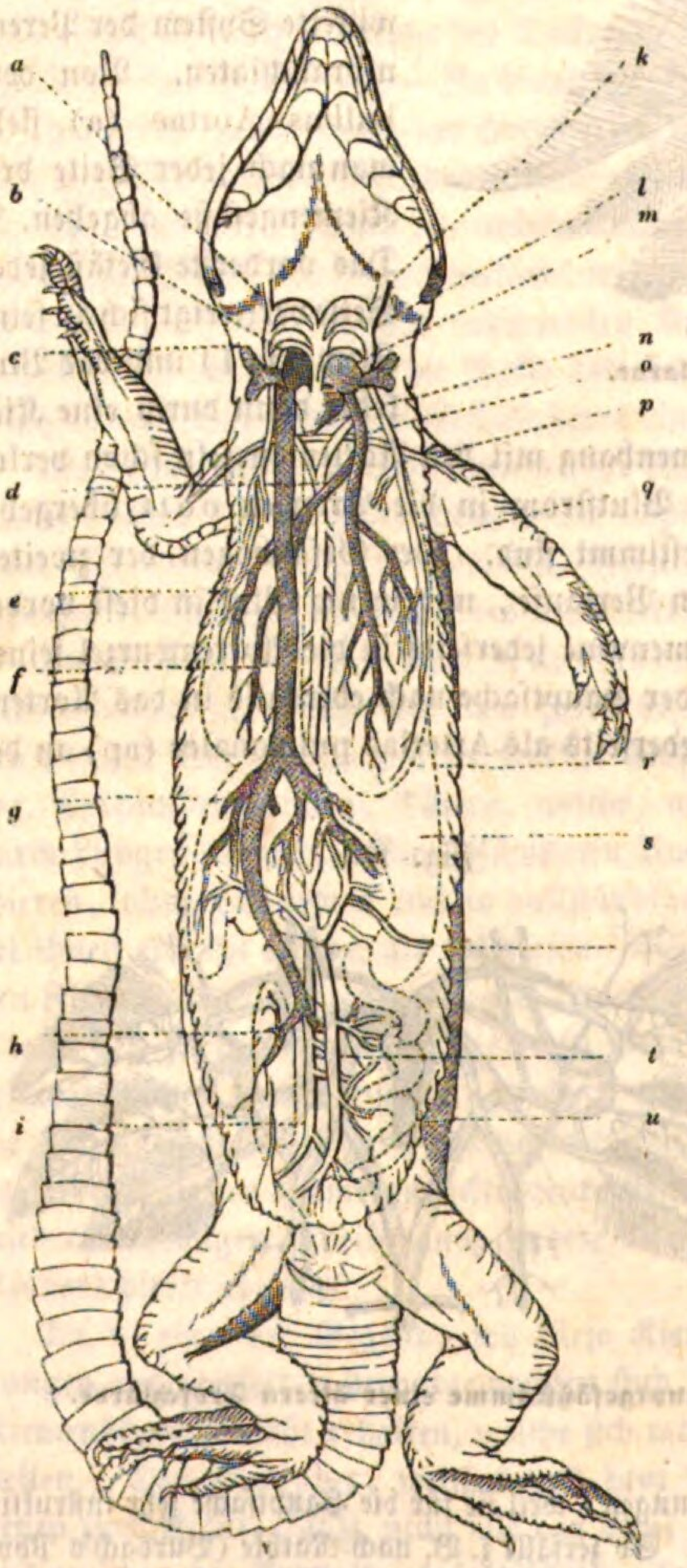
Eine zweite wichtige Umänderung betrifft den dritten oder vierten Kiemenbogen; sie besteht darin, daß die aus ihm entspringende Lungenarterie jetzt ein Hauptgefäß geworden ist. Der Rest des Bogens, welcher früher an eine Kieme trat und von da als Kiemenvene und Aortenwurzel zurückkehrte, ist hier schon von seiner (der vierten Kieme) entblößt, somit eine bloße Aortenwurzel oder ein ductus arteriosus Botalli — denn dieß ist der gemeinsame Name für solche Aortenwurzeln, welche durch Entwicklung einer Lungenarterie aus einem Kiemengefäßbogen in die Rolle von Verbindungsästen zwischen Lungenarterie und Aorta getreten sind.

Fig. 135.



Hauptgefäßstämme des ausgebildeten Frosches.

Fig. 136.



Ansicht der Hauptgefäße einer Eidechse.

a l Kiemenbögen. *b* linker Vorhof. *c* obere Hohlvene. *d* Aorta. *e q* Lungenarterie. *f* untere Hohlvene. *g* Leber und Pfortader. *h* Nieren. *i* Aorta. *k* Kopfarterie. *m* rechter Vorhof. *n* die Herzkammer. *o* Lungenvene. *p* Armarterie. *r* Lunge. *s* Magen. *t* Pfortader. *u* Darm.

Auch in der Fig. 135 sehen wir nun noch die Aorta aus zwei Hauptwurzeln, den beiden zweiten Kiemengefäßbögen, entstehen, auch hier erhält sie noch von jeder Lungenarterie einen ductus arteriosus Botalli. — Bei Betrachtung dieses Planes ist es nun leicht verständlich, wie die Metamorphose manchfaltige Formen aus demselben hervorbilden kann. Um die höheren Thiere sogleich mit in das gemeinsame Bild der Metamorphose aufnehmen zu können, bemerken wir nur, daß schon bei den beschuppten Amphibien, ebenso dann bei den beiden höheren Klassen, zwar die Bildung der Kiemengefäßbögen anfangs ebenso auftritt, wie bei den Fischen und nackten Amphibien, nie aber ein respiratorisches Capillarnetz von diesen Bögen aus sich entwickelt, so daß die Verhältnisse hier einfacher verlaufen. Lassen wir also auch für die nackten Amphibien diese Zwischenbildung der eigentlichen Kiemenarterien und Venen aus dem Spiele, so haben wir ganz allgemein ein System von Gefäßbögen, deren bei diesen Thieren wohl nie mehr als vier Paare gleichzeitig vorkommen.

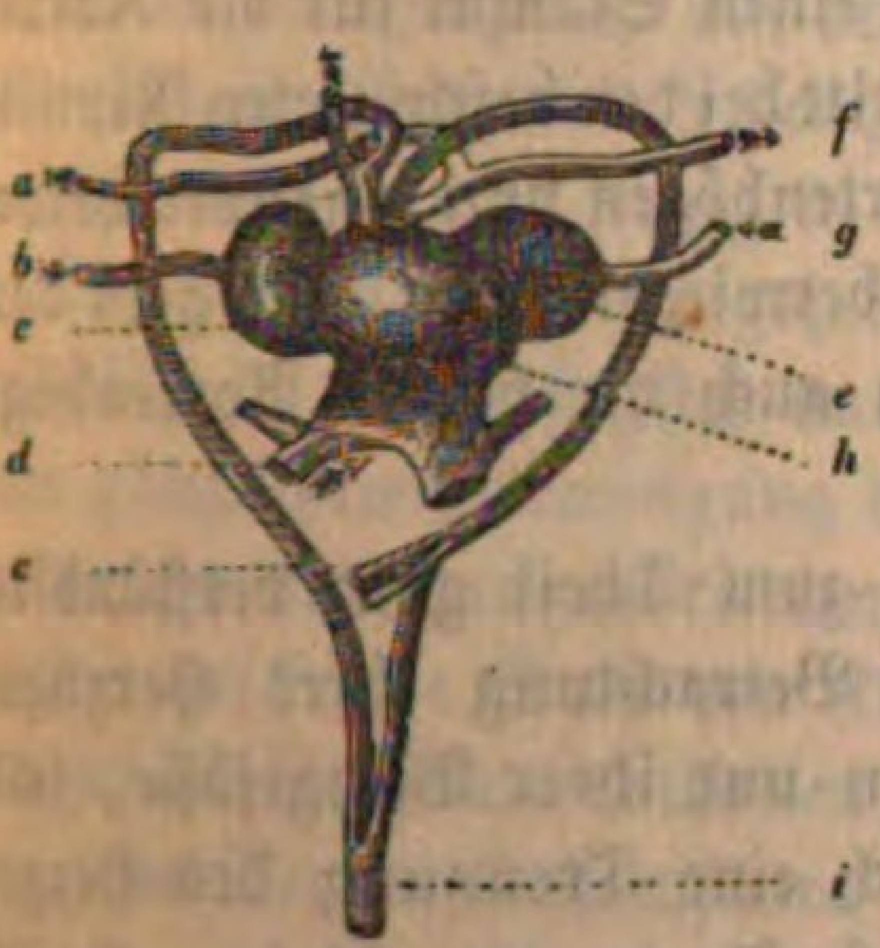
Aus diesen Bögen nun treten verschiedene Arterien, besonders für den Kopf und die vorderen Extremitäten, dann auch für die Lungen hervor, ehe sie sich zu den Aortenwurzeln

vereinigen. Stets treten nun, auch wo die Verbindung aller vier Bogenpaare zum Wurzelsysteme der Aorta während des ganzen Lebens bleibt (Salamandrinen), mehrere derselben in ihrer Bedeutung als Aortenwurzeln zurück. Es gehen z. B. von einem vordern Paare starke Gefäße für den Kopf ab, während nur ein kleiner Rest des Bogens vom Ursprunge dieser Kopfarterie aus weiter geht bis in die Aorta.

Es ist leicht zu ersehen, daß die physiologischen Verhältnisse der Blutvertheilung ganz dieselben bleiben können, wenn solche reducirte Aortenwurzeln gänzlich schwinden. Alsdann sind die aus dem Bogen entsprungenen Gefäße einfach zu Aesten aus dem bulbus arteriosus oder der aus ihm entstehenden Arterie geworden.

Denken wir uns nun sämmtliche Bogen bis auf einen in dieser Weise aufgelöst, so heißt dieser eine schlechtweg Aortenbogen, und alle ursprünglich aus den übrigen Bögen entsprungenen Arterien würden nun als seine Aeste erscheinen.

Fig. 137.



Herz einer Schildkröte.

Die zwei am untern Ende der Figur sich vereinigenden Gefäße sind Aortenbögen. Der linke gibt gleich bei seinem Austritte aus dem Herzen einen starken Stamm für Kopf u. s. w.; der rechte gibt vor seinem Vereine mit dem anderen starke Gefäße für die Unterleibsorgane.

af Lungenarterie; *bg* Lungenvene; *c* rechter Vorhof; *d* untere Hohlvene; *e* linker Vorhof; *h* die Herzkammer; *i* Aorta.

Diese Uebertragung von Aesten verschwindender Arterienbögen an die oder den bleibenden kann aber auch noch in einer andern Weise vor sich gehen. Denken wir uns, daß aus einem Gefäßbogen eine Arterie entspringt, etwa an der Stelle, wo derselbe schon bis unter die Wirbelsäule hinauf gestiegen ist. Nun könnte der untere (mit dem Herzen verbundene) Theil des Bogens schwinden, während der Theil bleibt, durch welchen der Bogen sich vom Ursprunge der Arterie an zum Aortenwurzelsysteme fortsetzte. Die Folge davon würde eine Umkehrung der Blutbewegung in diesem Stücke seyn. Es würde der obere Theil des Bogens zur Wurzel der Arterie werden, statt daß er bis dahin eine Aortenwurzel war. Diese Modification würde sich später, nach Reduction aller Bögen bis auf einen, nur darin aussprechen, daß ein solcher Ast weniger nahe dem Herzen aus diesem einzigen Bogen entspränge. So haben wir die Möglichkeit, bald einen einzigen, bald zwei oder mehrere Aortenbogen anzutreffen; wir begreifen, daß der einzige ebensowohl ein rechter als ein linker Bogen seyn kann.

Die Beschränkung auf einen Aortenbogen ist bei Säugethieren und Vögeln allgemein, das Vorkommen von mindestens zwei Bögen dagegen eben so allgemein bei den Reptilien. Doch findet sich bei den höheren unter ihnen keineswegs eine symmetrische Vertheilung der Gefäße, welche von diesen Bögen ausgehen, so daß häufig der eine von zweien (z. B. bei den Crocodilen der linke) Bogen, wenn er mit dem andern zur Bildung der Aorta descendens zusammentritt, schon so viele Arterien abgegeben hat, daß er nur sehr wenig mehr zur Bildung der Aorta beiträgt. Es ist aber auch nicht bloß das Maaß der Gefäße, welche die beiden Bögen abgeben, verschieden, sondern es sind Gefäße von ganz verschiedener Bestimmung. Der linke Bogen des Crocodils versorgt z. B. hauptsächlich Gedärme, der rechte den Kopf u. s. w.

In dem bisher entworfenen Bilde fehlte uns aber noch die Trennung der Lungenarterien von den Körperarterien, die Lungenarterien würden auf diese Weise nur zu Aesten der Aorta werden. In der That erscheinen sie, wenigstens äußerlich, als solche bei manchen Reptilien. Doch beginnt eine innerliche Absonderung derselben auch schon in Fällen, wo sie äußerlich nicht wahrzunehmen ist.

Es begibt sich nämlich in dem gemeinschaftlichen Arterienstamme, aus welchem Anfangs alle Gefäßbögen entspringen, die Bildung einer innerlichen Scheidewand, und dadurch zerfällt die Höhle dieses Gefäßes in zwei Röhren, deren eine das Blut in die Lungenarterien leitet, während die andere es den übrigen Aortenbögen zuführt. Diese Sonderung macht sich auf ihren

höheren Stufen auch äußerlich geltend, das Gefäß spaltet sich wirklich in zwei neben einander aus dem Herzen entspringende. Die Lungenarterien machen sich dann aber stets noch durch die ductus arteriosi als Sprößlinge ehemaliger Kiemenbögen kenntlich. Bei den zwei höheren Wirbelthierklassen bleiben die ductus arteriosi oder einer derselben (wie beim Menschen) bis zur Geburt. Dann ziehen sie sich allmälig zusammen und heben somit den letzten direkten (nicht durch das Herz vermittelten) Zusammenhang zwischen Lungen- und Körperkreislauf auf.

Damit jedoch diese Schilderung auch mit den manchfaltigen Erscheinungen der beschuppten Reptilien in vollem Einklange sey, muß noch hinzugefügt werden, daß jene Sonderung in dem gemeinsamen Stamme bei ihnen noch mit verschiedenen eigenthümlichen Abweichungen und in verschiedenen Graden vor sich geht. Außer der Neigung des truncus communis nämlich, sich entweder bloß innerlich oder auch äußerlich in einen Stamm für die Körperarterien und einen andern für die Lungenarterien zu sondern, tritt bei den beschuppten Reptilien häufig auch noch eine Tendenz zu einer Sonderung der Aortenbögen von einander hervor, welche selbst jene, physiologisch anscheinend mehr motivirte, überwiegen kann. Es geht dann der truncus communis gänzlich verloren und es entspringen auch die beiden Aortenbögen jeder besonders aus dem Herzen.

Diese Einrichtungen haben indessen bei Reptilien auch zum Theil ganz verständliche physiologische Bedeutung, wie sich aus der nun folgenden Betrachtung ihres Herzbaues erläutern wird. Schon mit dem ersten Auftreten der Lungen und ihrer Blutgefäße, selbst bei Lepidosiren und den Perennibranchiaten, sahen wir auch eine Trennung des Herzens in eine linke und rechte Hälfte wenigstens angedeutet. Diese Trennung, schon auf tiefen Stufen als Scheidewand der Vorhöfe ziemlich vollständig, wird es bei den höheren Reptilien mehr und mehr auch als Scheidewand der Kammern; ganz vollständig ist sie aber nur bei den Krokodilen.

Auch bei diesen jedoch steht die Scheidung des Kreislaufes in Körper- und Lungenkreislauf noch hinter der Einrichtung der Säugethiere und Vögel zurück. Es tritt nämlich ein Aortenbogen nebst der Lungenarterie aus der rechten Herzkammer hervor, ein anderer aus der linken; der letztere wendet sich rechts, der erste links. Nun ist schon oben bemerkt worden, daß der rechte Bogen der Krokodile die Arterien abgibt, welche Kopf und vordere Extremitäten versorgen. Dieß stellt sich so dar: aus einem kurzen, mächtigen, gemeinsamen Stamme treten nebeneinander drei Arterien hervor. Zwei davon sind eben die für Kopf und vordere Extremitäten. Die dritte, am meisten rechts liegende, ist der rechte Aortenbogen, welcher hauptsächlich die absteigende Aorta bildet. Nach links von diesen drei Gefäßen entspringt ein viertes, der linke Aortenbogen, anfänglich dem gemeinsamen Stamme jener drei Arterien eng verbunden, aber (so viel wir an einem Exemplar von Crocod. biporcatus sehen) innerlich ohne alle Verbindung damit. Dieser linke Aortenbogen entspringt aus dem rechten Ventrikel, aus welchem durch eine andere Oeffnung auch die Lungenarterien entstehen. Er wendet sich als Gegenstück des rechten Bogens nach aufwärts und rückwärts, um mit jenem zur Aorta zusammenzutreten. Kurz vor dieser Vereinigung aber gibt er einen mächtigen Gefäßstamm, welcher die Unterleibsorgane großentheils versorgt und nimmt dann nur mit einer schwachen Fortsetzung an der Bildung der aorta descendens Theil. Da nun der rechte Bogen und die Kopf- und Armschlagadern dem linken Ventrikel entsprungen sind, also das Blut erhalten haben, welches durch die Lunge geflossen ist, so erhalten sie, und durch sie hauptsächlich die animalischen Theile des Körpers, arterielles Blut, während der linke, aus dem rechten Ventrikel kommende, mit der Lungenarterie sich in das venöse Blut theilt, welches von allen Organen des Körpers mit Ausnahme der Lungen zurückgekehrt ist. Es scheint sich hieraus von selbst zu ergeben, daß die venöse Herzhälfte in gleicher Zeit immer mehr Blut führen, also geräumiger seyn müsse, als die linke. Denn in den venösen Herztheil kehrt alles Blut zurück, welches beide Arterienbogen führten, in den arteriellen nur das

Blut, welches von der Lunge kommt. Diese Verschiedenheit zwischen den beiden Kammern findet sich denn auch in der That vor. Jedoch scheint sie uns nicht so sehr bedeutend zu seyn. Man könnte sich etwa vorstellen, daß von sieben Theilen Blut, welche gleichzeitig aus beiden Kammern kommen, drei Theile dem linken und vier dem rechten angehören. Dann müssen von den letzteren vier Theilen drei durch die ansehnlichen Lungen gehen, während das eine Viertel dem linken Bogen anheimfällt.

Weniger leicht und sicher zu deuten sind die Organisationsverhältnisse des Herzens der übrigen Reptilien. In wie weit hier, auch ohne durch vollständige Scheidewände von einander getrennt zu seyn, die Ströme des Lungenvenen- und Körpervenenblutes einigermaßen unvermischt neben einander laufen mögen, wie das Wasser zweier zusammenmündenden Ströme ja weithin nebeneinander kenntlich bleiben kann, das beruht großentheils auf der Form des Herzens, auf der Function beweglicher Klappen, auf der Stellung, welche diese eben im Augenblicke der Zusammenziehung einnehmen. Dieß sind aber so schwer zu beurtheilende und so wenig in Bild als Wort befriedigend darzustellende Verhältnisse, daß wir auf ein genaueres Eingehen in dieselben verzichten müssen. Bemerken dürfen wir jedoch, daß selbst im ungünstigsten und wahrscheinlich nirgends wirklich vorkommenden Falle, dem einer gänzlichen Vermengung des Körper- und Lungenvenenblutes vor dem Wiedereintritte in Körper- und Lungenarterien, die Existenz eines Thieres denkbar bliebe. Denn das Blut, welches auf solche Weise den Körperarterien zuflösse, würde doch stets mehr Sauerstoff und weniger Kohlensäure enthalten, als das Blut der Körpervenen, es würde also im Stande seyn, von Neuem Kohlensäure in den Haargefäßen des Körpers aufzunehmen und Sauerstoff abzugeben. Ebenso würde den Lungenarterien stets ein Blut zukommen, welches fähig wäre in den Lungen zu athmen, Kohlensäure auszustoßen und Sauerstoff aufzunehmen. —

Ueber die Blutbewegung im Allgemeinen ist hier noch zu bemerken, daß sie in den verschiedenen Wirbelthierklassen ohne Zweifel eine sehr verschiedene Geschwindigkeit besitzt. Wir können diese Differenzen einigermaßen beurtheilen aus den Proportionen der Größe des Herzens und der Frequenz seiner Zusammenziehungen. Am richtigsten würden die Vergleichungen werden, wenn man den Gehalt der Ventrikel im Momente der höchsten Erweiterung bei den Thieren kennte. In Ermangelung so genauer Kenntnisse kann aber auch die Größe des Herzens schon zu einem Anhaltspunkte dienen. Eben so können wir einigermaßen den Totalinhalt der Blutgefäße schätzen, wenn wir annehmen, daß er in gleichbleibenden Verhältnissen zum Körpergewichte stehe. So dürften wir also die Proportion zwischen Größe des Herzens und Größe des Körpers als den einen und die Frequenz der Pulse als den andern Factor der Geschwindigkeit der Blutbewegung ansehen. Nach einer solchen Vergleichung scheint es evident, daß die beiden höheren Wirbelthierklassen eine bedeutend raschere Circulation besitzen als die Reptilien und Fische. Besonders bei den letzteren ist meistens die Kleinheit des Herzens auffallend, und nach vorhandenen Beobachtungen auch die Frequenz der Contractionen sehr gering. Um die letztere mit Frequenzen, wie sie sich bei Säugethieren und Vögeln ergeben, richtig zu vergleichen, muß man ebenfalls Rücksicht auf die Größe der Thiere nehmen. Bei diesen warmblütigen Thieren zeigt sich, daß die kleineren im Allgemeinen einen frequenteren Puls besitzen, als die größeren. Der Mensch hat während der längsten Zeit seines Lebens in der Regel zwischen 70 und 90 Herzschläge in der Minute. Bei kleineren Säugethieren findet man deren mehr, bei größeren weniger. Man darf also auch nicht einen kleinen Fisch oder ein kleines Reptil mit einem großen Säugthiere, sondern wo möglich mit einem eben so kleinen zusammenstellen. 60 Pulse in der Minute bei einem Frosche werden als wenig erscheinen, wenn schon bei Kaninchen 120 in gleicher Zeit regelmäßig gefunden werden. Daß aber die warmblütigen Thiere eine raschere Circulation besitzen, als die kaltblütigen, und daß wieder die kleineren unter ihnen gegen die größeren im Vortheile sind, beruht ohne Zweifel auf den Anforderungen des Stoffwechsels, welche durchschnittlich bei den kleinen Warmblütern unter allen Wirbelthieren am

größten sind (worüber das Kapitel von der thierischen Wärme Aufschluß gibt). Auch ist es nicht zu bezweifeln, daß die Herzen kaltblütiger Thiere, wenn die warme Jahreszeit das Leben dieser Thiere erhöht, ebenfalls rascher schlagen. Wir können selbst am frisch ausgeschnittenen Herzen diesen Erfolg in sehr auffallendem Maße hervorbringen. So trifft die Jahreszeit der reichlichern Nahrung mit erhöhten Fähigkeiten und Bedürfnissen des Genusses bei diesen Thieren zusammen. Sie verdauen unter dem Einflusse der Wärme ohne Zweifel leichter, sie athmen stärker, und so muß auch ihr Kreislauf in höhere Thätigkeit gerathen, um der Steigerung dieser Functionen angemessen zu seyn.

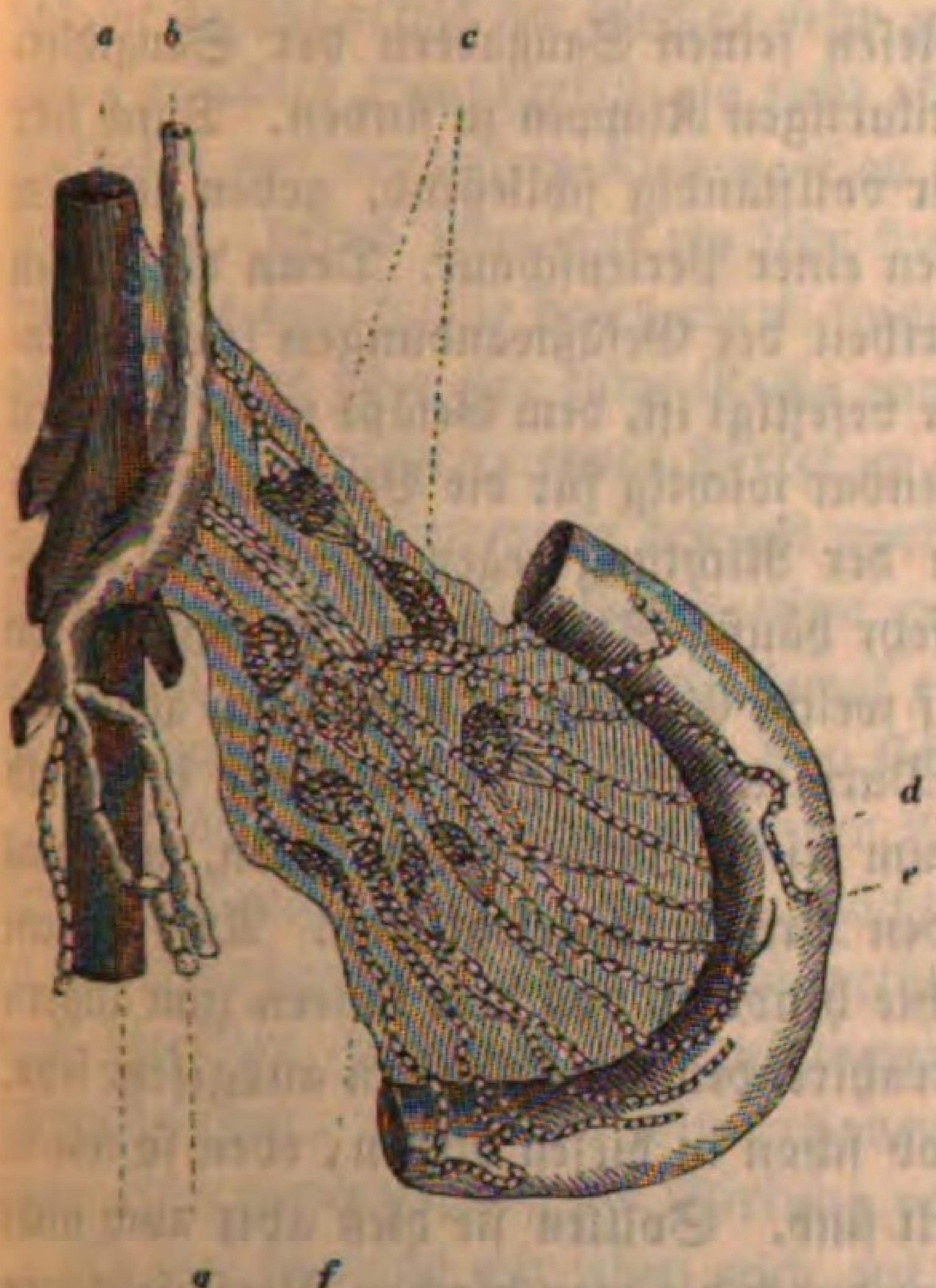
Lymphgefäßsystem. Den Wirbelthieren eigenthümlich ist eine Klasse von Gefäßen, welche man in vielen Beziehungen mit den Venen vergleichen kann. Sie sind ihnen ähnlich in ihrem feinen Baue, nur noch zarter gebildet und stimmen auch insofern mit ihnen überein, daß sie sich wie Aeste zu Venenstämmen verhalten: die Stämme der Lymphgefäße münden in größere oder kleinere Venen ein, in der Art, daß die Flüssigkeit, welche die Lymphgefäße führen, durch Ergießung in die Venen dem Blutstrom beigemengt wird.

Eine wesentliche Eigenthümlichkeit, durch welche sich die Lymphgefäße von den Venen unterscheiden, besteht aber darin, daß sie nicht wie die Venen aus einem Haargefäßsysteme entspringen, welchem das Blut stets zugeführt wird durch Arterien, sondern daß sie, wie die Wurzeln eines Baumes in der Erde, in den verschiedensten Organen des Körpers mit geschlossenen Endigungen beginnen, so daß sie ihren Inhalt nur durch eine Aufsaugung aus der umgebenden, die Gewebe der Organe durchtränkenden Flüssigkeit aufnehmen können. Sie führen auch eine dem Blute zwar ähnliche, aber durch mehrere eigene Charaktere davon sich unterscheidende Flüssigkeit. Eine zunächst in die Augen fallende Verschiedenheit ihres Inhaltes von dem eigentlichen Blute ist der Mangel der rothen Farbe. Sie erscheinen oft dem bloßen Auge wasserhell, da man durch die zarten Wandungen einen ebenso klaren Inhalt hindurchschimmern sieht. Dieß erschwert nun aber auch ihre Auffindung bedeutend. Sehr leicht sind sie indessen zu finden in den Mesenterien des Unterleibes, da sie in diesen zarten Häuten sich sehr zahlreich vorfinden, auch öfters einen trüben oder selbst milchweißen Inhalt besitzen, wodurch sie sehr in die Augen fallen. Sie nehmen offenbar größtentheils die aufgelöste Nahrung aus dem Darme auf und sind deßhalb auch hier mit dem besondern Namen der Chylusgefäße belegt. Man sieht, wie sie sehr zahlreich aus den Wandungen des Darmes entspringen. Feinere Wurzeln vereinigen sich, eben wie bei den Venen, zu stärkeren Aestchen, diese zu wieder etwas stärkeren und so fort, bis sie sich zu einem stärkern Stamme vereinigen, welcher von seiner Lage in der Brust den Namen ductus thoracicus hat. Dieser ist beim Menschen in der Regel der einzige, bei vielen anderen Thieren wenigstens der Hauptstamm, durch welchen mit dem Chylus auch sämmtliche Lymphe des Körpers in die Blutgefäße und zwar unmittelbar in die vena subclavia sinistra geleitet wird.

Vergleichungsweise mit den Venen ist jedoch zu bemerken, daß die Stämmchen der Lymphgefäße in geringerem Grade die Aestchen, welche zu ihnen treten, übertreffen, und daß überall im Lymphgefäßsystem eine schon bei den Venen im Gegensatze gegen die Arterien bemerkte Eigenthümlichkeit sich noch mehr ausbildet, daß nämlich statt einfacher Stämmchen sich zahlreiche neben einander verlaufende feinere und vielfach mit einander verbundene vorfinden. Selbst der ductus thoracicus, wiewohl in seinem obern Theile oft ein einfacher Stamm, ist doch nur schwach im Vergleich mit den Hauptvenenstämmen.

Auffallender noch als diese Eigenthümlichkeiten des Lymphgefäßsystemes sind die sogenannten Lymphdrüsen, welche den einfachen Verlauf der Lymphgefäße von ihrem Ursprunge bis zur Einmündung in Venen besonders bei den Säugethieren häufig unterbrechen. Diese Drüsen sind wesentlich verschieden von den Organen, welche wir sonst in der Anatomie mit dem Namen der Drüsen belegen, und lassen sich viel eher vielleicht den Wundernetzen vergleichen. Sie liegen an manchen Gegenden haufenweis beisammen und sind namentlich auch an den Chylusgefäßen leicht wahrzunehmen. Ihren innern Bau zu ermitteln ist bis jetzt

Fig. 138.



Lymphgefäße mit Drüsen im Mesenterium.

a Aorta; *b* ductus thoracicus; *c* Drüsen der Chylusgefäße; *d* Chylusgefäße, aus der Darmwand hervortretend; *e* Darm; *f* Mesenterium; *g* Lymphgefäße.

nicht mit vollkommener Sicherheit gelungen. Indessen scheint es, daß die Lymphgefäße, deren immer mehrere in eine solche Drüse eintreten, sich in derselben sehr fein verzweigen — nach neueren Beobachtungen sollen diese Verzweigungen aber bloße wandungslose Kanäle seyn, die das schwammige Parenchym durchsetzen — und dann aus einer solchen Verästelung wieder zu einigen austretenden Gefäßen sich vereinigen, in welchen die Lymphe ihren Weg weiter fortsetzt. Im Mesenterium einiger Raubthiere sind sämmtliche Drüsen der Chylusgefäße zu einer einzigen Masse (Pancreas Aselli) vereinigt, aus welcher bei einigen nur ein einziger Lymphstamm den sämmtlichen Chylus wegführt.

Ist unsere Kenntniß über den Bau dieser Drüsen aber auch noch nicht so sehr sicher, so dürfen wir doch kaum annehmen, daß sie sehr wichtige Geheimnisse einschließen, besonders weil ihr Vorkommen so wenig allgemein ist. Bei den Säugethieren, wie gesagt, am ausgebreitetsten vorkommend, werden sie schon bei den Vögeln nur in einzelnen Körpertheilen häufig gefunden, bei Amphibien nur ausnahmsweise (an den Chylusgefäßen des Krokodils) bemerkt und bei Fischen fehlen sie ganz.

Ihre Function kann somit keine sehr bedeutende seyn. Da wir bei den Säugethieren finden, daß die Lymphe des ductus thoracicus sich vom Chylus und der Lymphe der übrigen Gefäße durch einige Eigenthümlichkeiten auszeichnet, durch welche sie dem Blute näher kommt, so ist es wahrscheinlich, daß sie diese Eigenthümlichkeiten bei dem Durchgange durch die Lymphdrüsen erwirbt. Indem nämlich in die Lymphdrüsen Blutgefäße eintreten und sich zwischen den Lymphgefäßen fein verzweigen, so ist eben hier, zumal bei einer gewiß besonders langsamen Bewegung der Lymphe, ein Austausch zwischen beiden Flüssigkeiten besonders wahrscheinlich. Es ist aber zu vermuthen, daß derselbe nur auf einer Transsudation durch die Gefäßwandungen hindurch und nicht auf offener Anastomose zwischen den beiden Gefäßarten beruht, wiewohl auch die letztere Ansicht bedeutende Vertreter gehabt hat.

Der am wenigsten gekannte Theil des Baues der Lymphgefäße ist ihr Anfang in den verschiedenen Organen und Geweben des Körpers. Selbst in den Darmzotten der Säugethiere, wo ohne Zweifel Anfänge von Chylusgefäßen liegen, wird diesen von verschiedenen Anatomen eine verschiedene Form gegeben. Mögen sie aber beginnen mit sehr feinen Würzelchen, oder mit kleinen Bläschen, oder mag ihr Anfang sogleich die Beschaffenheit eines Gefäßnetzes haben — so viel scheint sicher, daß die Netzbildung sehr gewöhnlich im Lymphgefäßsysteme ist und daß die mehr gestreckt verlaufenden Lymphgefäße zunächst aus Netzen ihren Ursprung haben. So hat man am Darmkanale ein Netz zwischen Schleimhaut und Muskelschicht und ein zweites, welches aus diesem den Chylus empfängt, wieder äußerlich auf der Muskelschichte gefunden. Aus letzteren treten dann die Gefäße in das Mesenterium hervor. — Es fragt sich nun, wie die B e w e g u n g des Saftes in diesen Gefäßen entsteht, welchen ihr Inhalt nicht mit einer treibenden Kraft zugeführt wird? Wir haben in Beziehung auf diese Frage noch auf verschiedene Eigenthümlichkeiten hinzudeuten, in welchen der Bau der Lymphgefäße bei verschiedenen Thieren sich unterscheidet. Ganz besonders in Beziehung auf die Säugethiere

darf unsere obige Darstellung genau angewandt werden. Bei ihnen finden sich jene vielfachen, feinen, plexusbildenden Stämmchen. In diesen feinen Saugadern der Säugthiere ist ganz vorzugsweise ein großer Reichthum an ventilartigen Klappen zu finden. Durch sehr kurze Zwischenräume von einander getrennt und sehr vollständig schließend, geben sie einem durch Quecksilber injicirten Lymphgefäße das Ansehen einer Perlenschnur. Denn die Stellen zwischen den Klappen dehnen sich bei der großen Zartheit der Gefäßwandungen leicht bedeutend aus, während jede Klappe, an der Stelle wo sie befestigt ist, dem Gefäße mehr Festigkeit gibt. Dieser große Reichthum an Klappen ist offenbar wichtig für die Bewegung des Inhaltes der Gefäße. Jeder Druck schiebt denselben in der Richtung gegen den ductus thoracicus fort. Solcher Druck muß aber in der That sehr häufig Statt finden, so daß wir ihn kaum für eine bloße Eventualität halten dürfen, auf welche Gewicht zu legen man abgeneigt seyn könnte. Denken wir an die Chylusgefäße des Darmes, so müssen die Netze innerhalb der Muskelschicht bei der Anspannung des Darmes um seinen Inhalt einem steten, und, was wichtig ist, wohl auch in seiner Intensität wechselnden Drucke ausgesetzt seyn. Auch können die kurzen Aestchen, welche sich durch die Muskelschichte hindurch von dem innern zum äußern Netze begeben, dem Drucke der abwechselnd sich contrahirenden Muskelfasern ausgesetzt seyn. Freilich muß man es als unentschieden betrachten, ob schon in diesen Netzen, eben so wie in den Stämmchen, die Klappen hinreichend entwickelt sind. Sollten sie dieß aber auch nicht seyn, so ist auch für die Stämmchen im Mesenterium durch die manchfachen Verschiebungen der sich bewegenden Gedärme für einen wechselnden Druck gesorgt, welcher ihren Inhalt forttreiben muß. Alle diese Bewegungen aber werden, was sehr wohl in Acht zu nehmen ist, um so lebhafter, je mehr auch den Chylusgefäßen Gelegenheit zur Auffaugung gegeben ist, nämlich bei angefülltem Darme. Ebenso muß auch manchfaltig äußerer Druck auf die übrigen Lymphgefäße wirken, insoweit dieselben zwischen Muskeln liegen, oder selbst nur zwischen Muskeln und Haut. Die Anschwellungen der Muskeln werden dieß bewirken; bei der großen Zartheit der Gefäße reicht der leiseste Druck zu einer solchen Wirkung aus. Druck von Seiten anliegender Muskelmassen wird aber auch um so zweckmäßiger wirken, als ohne Zweifel bei häufigeren Zusammenziehungen der Muskeln eines Gliedes auch die auffaugende Thätigkeit der Lymphgefäße erhöht seyn wird, es also mehr fortzuschaffen gibt (worüber später mehr).

So wichtig uns nun aber auch der Klappenapparat der Lymphgefäße hiernach erscheinen muß, und schon seiner ungemeinen Entwicklung nach nothwendig erscheinen müßte, so können wir doch schwerlich diese Einrichtung für die einzige Ursache der Lymphbewegung halten.

Es muß uns wahrscheinlich bleiben, daß eine vielleicht beschränkte, aber doch stets wirksame Kraft für die Bewegung der Lymphe thätig ist, welcher die Klappen nur zur Unterstützung, wenn auch zu einer sehr bedeutenden Unterstützung dienen. Eine solche Kraft zu finden, können wir uns nach mehreren Seiten umsehen. Es wird namentlich die Vermuthung sich aufdrängen, daß die Wände der Gefäße contractil seyen. Auch daran wird man zu denken haben, ob nicht die Absorption selbst, das Eindringen der Flüssigkeit in die Anfänge der Lymphgefäße, mit einer Kraft geschieht, welche den vorhandenen Inhalt fortzuschieben vermag.*) Die erstere Ansicht erscheint sehr plausibel, wenn man daran denkt, wie auch für

*) Eine dritte Art von Hypothese, welche schon oben beiläufig erwähnt wurde, verdient höchstens in einer Anmerkung gewürdigt zu werden. Man hat öfters behauptet, die Bewegung der Lymphe werde sehr befördert, ja wohl gar hauptsächlich bewirkt durch eine Ansaugung gegen den ductus thoracicus. Nicht genug, daß dieß den zarten Wandungen dieser Gefäße gegenüber noch absurder erscheinen muß, als es schon in Beziehung auf die Venen ist, hat man die Ansicht, insofern von einer Saugkraft des Herzens (welche durch die Venen sich auch auf den ductus thoracicus erstrecken sollte) die Rede war, noch durch das Experiment der Unterbindung des ductus thoracicus beseitigt. Es zeigt sich nämlich, daß derselbe unter der Unterbindungsstelle anschwillt, was nur von einer vis a tergo herrühren kann. Insofern aber neuerlich wieder die Ansaugung

eine Fortschaffung durch Contraction einzelner Parthieen eines Lymphgefäßes die Klappen und die Dehnbarkeit der Gefäße sehr zu Statten kommen müßten. Denken wir uns ein mäßig gefülltes Lymphgefäß, so ruht allemal in einem Stückchen zwischen zwei Klappen die Flüssigkeit auf der untern Klappe. Das Gefäß zerfällt also in eine sehr große Menge kleiner Abschnitte, deren jeder nur ein sehr kurzes Säulchen von Flüssigkeit zu tragen hat. Zieht sich nun die contractile Faser eines solchen kleinen Abschnittes zusammen, so hebt sich die nächste Klappe oder eine kurze Reihe von Klappen, und es füllt sich, je nachdem, ein kleiner Abschnitt oder mehrere etwas stärker an. So könnte durch successiv wirkende sehr geringe Kräfte die ganze Bewegung bewirkt werden. Wären dagegen die Röhren starr oder ohne Klappen, so müßte jede Contraction an irgend einer Stelle eines Lymphgefäßes unterhalb der Einmündung in die Venen allemal eine Säule heben, welche der senkrechten Entfernung dieses Einmündungspunktes von dem sich zusammenziehenden entspräche.

Auch die Art von Triebkräften der Lymphe, welche wir bei den tieferen Klassen der Wirbelthiere häufig vorfinden werden, möchte für die Ansicht stimmen, daß einige Contractilität in den Lymphgefäßen auch bei Säugethieren zu finden wäre. Endlich sprechen dafür auch noch direktere Gründe: der zusammengefallene (oder zusammengezogene) Zustand von Lymphgefäßen, welcher bei Vivisectionen eintritt; auch sind einzelne Beobachter der Meinung, Zusammenziehung als Wirkung von Reizen wirklich gesehen zu haben.

So viel Gewicht wir aber auch auf dieß Alles legen mögen, so dürfte es doch wahrscheinlich bleiben, daß die Kraft, mit welcher die Absorption selbst geschieht, als ein erster Grund der Lymphbewegung ganz allgemein, bei allen Wirbelthieren wesentlich eingreift. *) Die sämmtlichen übrigen Momente würden dann nur als Erleichterungsmittel für die Absorptionskraft und somit beschleunigend auf die Absorption wirken.

Wir können um deßwillen schwerlich umhin, eine solche Kraft anzunehmen, weil alle übrigen Mittel doch nicht im Stande seyn würden, die ersten Anfänge der Lymphgefäße zu füllen. Auch führt man mit einer solchen Annahme gar nichts Neues in die Physiologie ein, da so ziemlich von jeder secernirenden Drüse das Nämliche gesagt werden muß. Jedes Flüssigkeitstheilchen, welches in einen Drüsenkanal eintritt, vermag dieß nur, indem es ein anderes Theilchen, und somit allemal eine längere oder kürzere Flüssigkeitssäule, verschiebt.

Uebertragen wir die Annahme dieser Kraft auf sämmtliche Wirbelthiere, so haben wir doch außerdem einige Verschiedenheiten in der Anlage des Lymphsystemes zwischen den Säugethieren einerseits und den Vögeln, Reptilien, Fischen andererseits geltend zu machen, welche wesentlich zu den Bedingungen der Bewegung gehören.

Die Bewegung der Lymphe ist bei diesen Thieren im Vergleiche mit den Säugethieren erleichtert, sowohl durch den uns schon bekannten Mangel an Lymphdrüsen (s. oben) als auch dadurch, daß diese Gefäße an mehreren Stellen mit den Venen zusammenhängen. Indem beide Verhältnisse besonders bei den Amphibien und Fischen sich finden, gleicht sich

---

durch die Respirationsbewegungen des Thorax für sehr wichtig ausgegeben wurde, müssen wir Anhängern einer solchen Ansicht den einfachen Versuch empfehlen, den Thorax eines eben getödteten Thieres zu öffnen (wo dann seine Saugkraft natürlich aufhört), den ductus thoracicus zu durchschneiden und sich zu überzeugen, daß dann noch lange Lymphe aus demselben sich ergießt. Immerhin kann man es jedoch als einen, wenn auch sehr untergeordneten, Vortheil ansehen, wenn sich die Lymphgefäße nur in der Nähe des Herzens in Venen münden. Indem nämlich der Druck in diesen Venen schwankend bald unter, bald über dem atmosphärischen Drucke ist, so können die Lymphgefäße (der ductus thoracicus), auch wenn sie eine sehr geringe Spannung haben, ihren Inhalt immer in den Momenten des geringsten Gegendruckes in die Venen entladen, während bei stärkerem Drucke von Seiten des letztern kein Rückfluß möglich ist, sondern durch die Klappe an der Mündung des ductus verhindert wird. Man kann dieß allenfalls eine Ansaugung nennen, aber, wie gesagt, sie ist sehr gering von Wirkung und nicht nothwendig.

*) Dafür sprechen auch neuere sehr delikate Experimente von Ludwig und Noll.

der Nachtheil einigermaßen aus, welcher durch die Klappenlosigkeit der Lymphgefäße und deren zum Theil außerordentliche Schlaffheit und Weite bei diesen Thieren sonst entstehen müßte. Außerdem ist jedoch noch zu berücksichtigen, daß bei diesen Thieren, dem ganzen Baue des Körpers nach, keine so hohen Flüssigkeitssäulen in den Lymphgefäßen sich befinden können, wie bei den Säugthieren, da es (auch unter den Reptilien) wohl sehr langgestreckte, aber keine hochbeinige Thiere gibt. Endlich aber hat man in neuerer Zeit nicht bloß bei Reptilien, wo sie sehr regelmäßig vorkommen, sondern auch bei einzelnen Vögeln, mit einiger Wahrscheinlichkeit selbst bei Fischen, herzartige Organe an den Lymphgefäßen nachgewiesen. Bei den Reptilien finden sich ihrer bald ein, bald zwei Paare, bei einzelnen Vögeln (besonders den hochbeinigen: Strauß, Casuar) kommen sie in der Schwanzgegend vor und bei Fischen können einige Erweiterungen an Lymphgefäßen des Kopfes dafür angesehen werden. Wo solche Lymphherzen vorkommen, scheint es stets nahe am Uebergange der Lymphgefäße in Venen zu seyn. Man hat gefunden, daß an diesen Herzen der Bewegung der Lymphe eine bestimmte Richtung durch Klappen gesichert ist, auch wo die Klappen den Lymphgefäßen sonst fehlen. Es möchte aber überhaupt der Mangel dieser kleinen Ventile wohl nirgends so weit gehen, daß sie nicht wenigstens an den Uebergangsstellen der Lymphgefäße in Venen vorkämen.

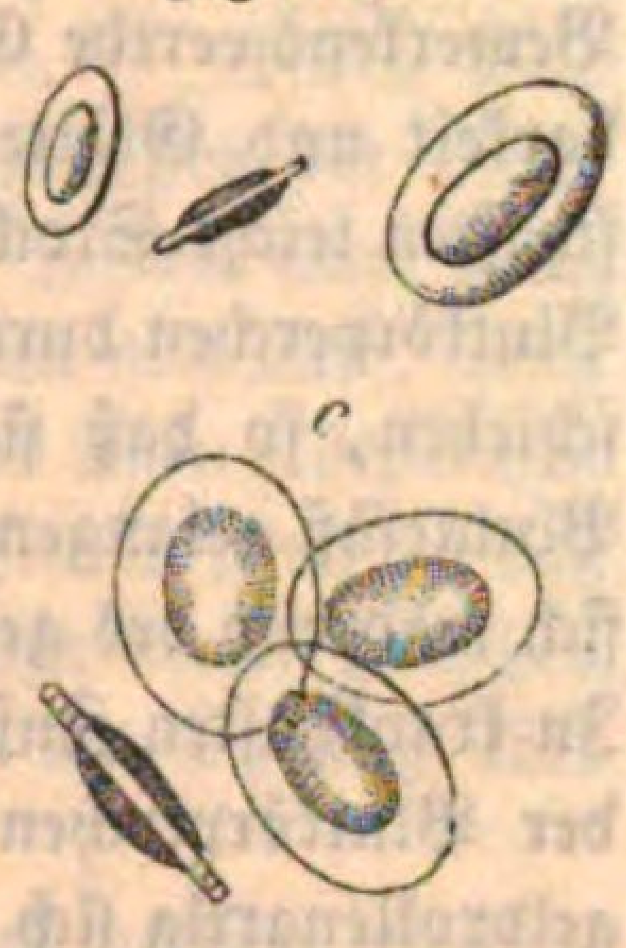
Inhalt der Blut- und Lymphgefäße. Wir haben bis jetzt nur den Bau der Lymphgefäße im Allgemeinen und namentlich in soweit derselbe mit der Aufnahme und Bewegung des Inhaltes in Beziehung zu setzen ist, kennen gelernt. Von ihrer wesentlichen Function, im Verhältnisse zu der Function der Blutgefäße, welche letztere in ihren allgemeinen Umrissen zu Anfang dieses Kapitels erläutert wurden, ist noch nicht die Rede gewesen. In der That ist aber auch unsere Kenntniß über diesen Punkt noch zurück, und was sich darüber andeuten und vermuthen läßt, kann sich durchaus nur an die Kenntniß der Verschiedenheit des Inhaltes der Blut- und Lymphgefäße anschließen. Es ist unzweifelhaft, daß auch die Capillaren des Blutgefäßsystemes fähig sind, Substanzen aus dem Darmkanale und aus allen Organen, in welchen sich neben ihnen noch Lymphgefäße befinden, auszusaugen, es ist unzweifelhaft, daß sie es auch wirklich thun. Demungeachtet versteht es sich von selbst, daß wir eine regelmäßige Verschiedenheit zwischen der Aufnahme in Blutgefäße und der Absorption in die Lymphgefäße annehmen müssen, da sonst die letzteren überflüssig seyn würden. Auf der andern Seite müssen wir aber auch berücksichtigen, daß nur die Wirbelthiere solche Lymphgefäße neben den Blutgefäßen zu haben scheinen, so daß ihre Function doch wohl keine allzu wichtige seyn dürfte. — Das Blut der Wirbelthiere zeichnet sich, wiederum mit Ausnahme des Branchiostoma, vor dem Blute aller übrigen Thiere durch die eigenthümlichen rothen Körperchen aus, welche einen sehr großen Antheil desselben bilden. Es zeigen sich diese Blutkörperchen überall ziemlich scheibenförmig (daher ganz verkehrt früher oft als Blutkügelchen bezeichnet), dabei dann entweder von rundem oder ovalem Umriß und im ersten Falle mit wulstigem Rande und dünner Mitte, im zweiten Falle mit scharfem Rande und dickerem Centrum. Nach sehr einfachen Versuchen unter dem Mikroskope ist man berechtigt, anzunehmen, daß diese Blutkörperchen aus einer in Wasser schwer löslichen Hülle und einem flüssigen oder leicht löslichen Inhalte bestehen. Wird ein Tropfen Blut mit Wasser verdünnt unter das Mikroskop gebracht, so sieht man die Blutkörperchen augenblicklich anschwellen und, je nachdem sie runde oder ovale Scheiben waren, zu kugel- oder eiförmigen Bläschen werden. Wie die Gesetze der Endosmose fordern, tritt aber, während Wasser eindringt, gelöster Inhalt aus. Es ist dieß besonders leicht zu erkennen, weil eben der rothe Färbestoff zu diesem Inhalte gehört und nicht einen Bestandtheil der schwer löslichen Hülle ausmacht. Die Blutbläschen werden deßhalb sehr zart, schwer sichtbar und man bedarf oft einer Anwendung von Jod, welches sie gelb färbt, um sich zu überzeugen, daß sie noch vorhanden sind. Sehr gewöhnlich, besonders in den ovalen Blutkörperchen leicht zu erkennen, findet sich in ihnen ein granulirter Kern, welcher auch der Auflösung durch Wasser widersteht, aber seine Form, wenn er vorher oval war, in eine rundliche umändert.

Fig. 139.



Blutkörperchen des Menschen.

Fig. 140.



Blutkörperchen vom Vogel (a), Frosch (b) und Haifisch (c).

Runde Scheiben finden sich fast bei allen Säugethieren, ovale bei allen Vögeln, Reptilien und fast allen Fischen. Die unter den Säugethieren vorkommenden Ausnahmen sind die Camelus- und Auchenia-Arten, in deren Blute sich auch viele ovale Scheiben finden, während unter den Fischen die Cyklostomen runde Blutscheibchen besitzen.

Sehr manchfaltige Verhältnisse bieten die Größen dieser Körperchen dar, welche man mit großem Fleiße bei vielen Thieren gemessen hat. In jedem Blute finden sich zwar verschiedene Größen, aber doch nicht so unregelmäßig, daß sich nicht mit einiger Sicherheit eine häufigste Mittelgröße angeben ließe. Die Säugethiere haben sie im Allgemeinen klein. Am geringsten fallen die Größen bei den Wiederkäuern aus (z. B. $^1/_{300}$ Millim.), groß sind sie im Blute des Menschen, besonders groß, aber auch besonders variabel im Blute des Elephanten (man hat als Mittel $^1/_{100}$ Millim. Durchmesser gegeben). Unter den ovalen Blutkörperchen der übrigen drei Klassen finden sich theils charakteristische Verschiedenheiten in dem Verhältnisse des langen und des queren Durchmessers, theils auch sehr bedeutende Größenverschiedenheiten. Namentlich zeichnen sich die nackten Amphibien und unter ihnen der Proteus durch große Blutkörper aus. Die des letztern liegen kaum jenseits der Größen, welche noch dem unbewaffneten Auge erkennbar sind.

Neben der Größe und Form dieser Körperchen ist auch ihre Quantität bei verschiedenen Thieren sehr verschieden, und zwar nicht bloß der Anzahl nach, in welcher sie vorkommen, sondern auch ihrer Masse nach, im Verhältnisse zur Blutflüssigkeit. Wären die Blutkörperchen in dem Blute der verschiedenen Thiere überall in gleicher Masse vorhanden, so müßte ihre Zahl in umgekehrtem Verhältnisse des Volumens stehen. Je größer sie bei einem Thiere wären, um so weniger zahlreich müßten sie in einer beliebig bestimmten Blutportion seyn. Indessen ist auch die Blutkörperchenmasse in dem Blute verschiedener Thiere nach den Untersuchungen bedeutend verschieden. Haben auch genaue Bestimmungen dieser Art große Schwierigkeiten, so darf man dieß doch schon daraus schließen, daß das Blut verschiedener Thiere beim Abdampfen sehr verschiedene Quantitäten trockenen Rückstandes liefert.

Dieser trockene Rückstand besteht freilich außer den ausgedörrten Blutkörperchen auch noch aus einer bedeutenden Menge solcher Stoffe, welche in der Blutflüssigkeit aufgelöst waren. Wenn sich aber in der Gesammtmasse dieser nichtflüssigen Blutbestandtheile bei verschiedenen Thieren große Differenzen finden, so ist es, selbst abgesehen von genaueren Untersuchungen, schon im Allgemeinen viel wahrscheinlicher, daß alle diese Bestandtheile, folglich auch diejenigen, welche die Blutkörperchen bilden, an diesen Differenzen Antheil haben, als daß der Unterschied nur durch die Menge der aufgelösten Bestandtheile bewirkt werden sollte. Wenn nun, wie bei Batrachiern, ein sehr wasserhaltiges Blut zugleich sehr große Blutkörperchen hat, so ist hiernach offenbar, daß nicht bloß ihre Zahl in sehr hohem Grade, sondern auch ihre Masse vermindert seyn muß. — Während die Verschiedenheit der Form der Blutkörperchen bis jetzt zu keinen physiologischen Folgerungen Anlaß gibt, so kann man allerdings an die Größe derselben eine Bemerkung knüpfen, welche sich auf ihre Function bezieht. Es wird sich zeigen, daß die Blutkörperchen wahrscheinlich bei dem Acte der Athmung betheiligt sind, daß überhaupt jedes einzelne Blutkörperchen eine vorübergehende, vielleicht kurze Existenz besitzt. Denken wir uns nun an der Oberfläche der Blutkörperchen eine Wechselwirkung zwischen denselben und der umgebenden Flüssigkeit, so ist es klar, daß die Intensität eines solchen Processes eine ihrer Bedingungen in der Summe der Oberflächen der Blutkörperchen hat, an welchen ein solcher Proceß geschieht; es wird dieser Proceß um so energischer vorschreiten können, je feiner vertheilt ein gewisses Quantum Blutkörperchensubstanz im Blute, oder mit anderen Worten, je kleiner die Blutkörperchen sind, gerade wie

z. B. die Auflösung eines Salzes um so rascher möglich ist, je feiner man es gepulvert hat.*) Bemerkenswerthe Eigenschaften der Blutkörperchen sind noch ihre große Biegsamkeit, Dehnbarkeit und Glätte. Diese sind für die Circulation wichtig, da die gegentheiligen Eigenschaften leicht Stockungen des Blutes veranlassen könnten. Wir sehen aber zuweilen einzelne Blutkörperchen durch enge (zusammengefallene) Capillargefäßchen bei Fröschen sich hindurchschieben, so daß sie ganz schmal und lang werden. Sobald sie aber wieder in ein weiteres Blutgefäß gelangen, nehmen sie alsbald ihre frühere Gestalt wieder an. — Eben so zeigt es sich während des gesunden Kreislaufes, daß die Blutkörperchen leicht aneinander hingleiten. In krankhaften Zuständen und nach dem Tode sieht man freilich sehr häufig ein Verkleben der Blutkörperchen, wobei z. B. die des Menschen (und solche von ähnlicher Form) oft geldrollenartig sich aneinanderlegen.

Die Blutkörperchen sind zwar nicht das einzige, was das Mikroskop uns im Blute zeigt, aber doch bei Weitem vorwiegend unter den nicht aufgelösten Theilen.

Indessen sind außer ihnen noch sehr wichtig die sog. Lymph- und Chyluskörperchen. Auch sie finden sich schon im lebenden Thiere im Blute. Man beobachtet sie z. B. ziemlich leicht in feineren Arterien und Venen am Froschfuße. Sie scheinen daselbst zwischen den mehr in der Achse des Gefäßes hinfließenden Blutkörperchen und der Gefäßwand sich zu halten und hier in einer schwächer bewegten Schicht der Blutflüssigkeit hinzurollen. Sie sind farblos und granulirt, beim Frosche und manchen anderen Thieren kleiner, bei Säugethieren dagegen größer als die Blutkörperchen befunden. Sie haben ihren Namen von ihrer Aehnlichkeit und vermuthlichen Identität mit den Körperchen der Lymphe und des Chylus. Es versteht sich, daß die Körperchen, welche sich im Lymphgefäßsysteme finden, in demselben entstehen müssen, da dessen Anfänge ohne Oeffnungen sind. Es findet also eine stete Vermehrung derselben Statt und versteht sich daher von selbst, daß sie auf irgend eine Weise stets verwandt werden müssen. Es ist wahrscheinlich, daß sie sich in Blutkörperchen umwandeln, zugleich aber auch, schon wegen des verschiedenen Größenverhältnisses zu den Blutkörperchen, daß diese Umwandlung auf verschiedene Weise vor sich gehen wird. — Der Chylus enthält in sehr wechselnder Menge äußerst kleine Fettpartikelchen, welche man auch, doch unzweckmäßig, mit dem Namen der Chyluskörperchen belegt hat. Die Menge derselben wird namentlich durch Fettnahrung sehr vermehrt, so daß nach einer solchen der Chylus milchweiß aussehen kann, eine Färbung, welche hier wie in der Milch dieselbe Ursache hat und allemal eintritt, wo zwei an sich farblose, durchsichtige Substanzen von bedeutend verschiedenem Lichtbrechungsvermögen fein in einander vertheilt sind. Dieß sind die wichtigen mikroskopisch sichtbaren Bestandtheile des unveränderten Inhaltes der Blut- und Lymphgefäße. Wir sagen absichtlich nicht: die festen Bestandtheile; denn in Beziehung auf die oben erwähnten Fettmolekulen müssen wir die häufige Anschauungsweise, als seyen sie feste Partikelchen, als unbegründet bezeichnen. Es ist dieß eine Auffassung, durch welche man dem Verständniß der Auffaugung am Darme eine ganz unnöthige Schwierigkeit hinzugefügt hat, oder welche auf die sonst so höchst unwahrscheinliche Annahme von Oeffnungen der auffaugenden Gefäße am Darme führen kann. Wir können über die Form dieser Theilchen nicht urtheilen, weil sie eine Kleinheit besitzen, bei welcher der Anschein einer runden Form trügerisch seyn kann. Es steht aber nichts der Annahme entgegen, daß sie rund, höchst kleine Tröpfchen sind. Höchstens darauf könnte man sich berufen wollen, daß sie nicht zu größeren Tropfen zusammenfließen. Dem scheinen aber die eiweißhaltigen Flüssigkeiten ein eigenes Hinderniß durch die Bildung eines feinen Häutchens um Fetttheile, welche in sie eintreten, entgegenzusetzen.

Können wir mittelst des Mikroskopes im unverletzten Thiere die Blutflüssigkeit (Plasma), welche ziemlich farblos sich zwischen den beschriebenen Körperchen befindet, nicht eigentlich direkt wahrnehmen, so sind wir derselben doch völlig gewiß, indem wir die Zwischenräume

*) Diese Ueberlegung scheint schon Edwards angestellt zu haben: De l'infl. des agens phys. sur la [illegible]33.

gewahr werden, welche sich zwischen den Blutkörperchen in feinsten Gefäßen oft zeigen und selbst bedeutende Strecken zwischen zwei Blutkörperchen einnehmen können. *) Wären diese Strecken nicht mit tropfbarer Flüssigkeit ausgefüllt, so würden Erscheinungen der Lichtbrechung eintreten, welche kein mikroskopischer Beobachter erkennen kann. Zudem wäre dann die Bewegung des Blutes gar nicht zu verstehen. Ebenso zeigt sich das Blut nun auch, wenn es dem lebenden Körper entnommen und zur Beobachtung gebracht wird, aus jenen Körperchen und einer mäßig klaren Flüssigkeit bestehend. Die Flüssigkeit ist indessen so gering, daß man schon äußerst dünne Schichten von Blut ausbreiten muß, um nur einige Lücken zwischen den Körperchen gewahr zu werden, zu einer bequemern Beobachtung der letzteren aber immer das Blut verdünnen muß.

Kurze Zeit nach dem Austritt des Blutes aus dem lebenden Körper verliert es seine Flüssigkeit, es tritt die Gerinnung ein, welche uns zu einer nähern Untersuchung der Blutflüssigkeit die Veranlassung gibt.

Die Gerinnung beginnt in der Regel nach wenigen Minuten und durchläuft dann regelmäßig verschiedene Stadien. Der erste Akt ist der Eintritt des Starrwerdens, welches zunächst da geschehen soll, wo das Blut mit den Wandungen des Gefäßes, in welchem man es auffing, in Berührung kommt, so wie auch an der freien Oberfläche. Im Laufe einiger Minuten ergreift die Gerinnung die ganze Blutmasse, bis sämmtliches Blut in eine weiche, gallertartige Masse verwandelt ist. — Die Festigkeit nimmt von jetzt an immer mehr zu, und es ist dieses Festerwerden mit einer Zusammenziehung verbunden. Diese macht sich dadurch kenntlich, daß schon nach kurzer Zeit eine trübliche Flüssigkeit aus dem Gerinnsel in Form einzelner Tröpfchen gleichsam hervorschwitzt. Die Flüssigkeit vermehrt sich mehr und mehr, so daß man, wenn das Blut in einem Glase aufgefangen wurde, bald sieht, wie das feste Gerinnsel den Raum nicht mehr füllt, sondern sich von den Wandungen des Glases zurückzieht, und so der aus ihm hervorgequollenen Flüssigkeit Platz macht.

So hat sich das Blut in ein flüssiges Serum und ein festes Coagulum getrennt, welches letztere die Blutkörperchen großentheils enthält. Man kann aber auch bewirken, daß die Blutkörperchen im Serum zurückbleiben, wenn man das Blut während des Gerinnens peitscht. Dann hängen sich die Gerinnsel, so wie sie sich bilden, an dem Stäbchen oder Besen fest, mit welchem man das Blut schlägt. Auf solche Weise erhält man ein anfänglich sehr rothes Serum, in welchem jedoch nach einiger Zeit die specifisch schwereren Blutkörperchen einen starken Bodensatz bilden.

Unter gewissen Umständen tritt aber auch ohne besondere Einwirkungen das Sinken der Blutkörperchen im Verhältnisse zur Gerinnung so rasch ein, daß dieselben die oberste Schicht des Blutes schon verlassen haben, wenn diese gerinnt. Dann erhält man ein nach oben weißliches, also nur wenige Blutkörperchen einschließendes Gerinnsel, während dasselbe nach der ersten Methode stets roth wird.

Wichtig ist für das Verständniß der Gerinnung noch besonders, daß man bei künstlicher Verlangsamung dieses Vorganges (durch Zusatz mancher Salze) die Blutflüssigkeit von den Blutkörperchen vor der Gerinnung abfiltriren kann, und daß dann ebenfalls ein farbloses Coagulum erhalten wird. Dieß gelingt natürlich besonders leicht bei Blutarten, welche, wie das Froschblut, sehr große Blutkörperchen enthalten.

Seinen besondern Werth erhält dieser Versuch dadurch, daß er die schlagendste Widerlegung der ältern Ansicht ist, welche die Gerinnung aus dem Verkleben der Blutkörperchen unter einander oder aus einem in diesen Körperchen enthaltenen Stoffe ableiten wollte. Die Erscheinung der Gerinnung des Blutes beruht darauf, daß im Blute eine stickstoffhaltige Substanz aufgelöst ist, welche nach dem Tode, besonders rasch aber, wenn das Blut aus dem Körper entfernt wird, nicht mehr in Auflösung bleiben kann. Es ist dieß der Faser-

*) Um eine solche Erscheinung wahrzunehmen, dürfen namentlich die Haftfäden der Tritonlarven besonders zu empfehlen seyn. (Ueber diese Organe s. d. Kap. von der Metamorphose.)

stoff (Fibrin). Obgleich derselbe nur in geringer Menge im Blute ist, setzen sich doch seine fest werdenden Theilchen durch die ganze Blutmasse so in Verbindung, daß sie eine kurze Zeit hindurch neben den Blutkörperchen auch alle Flüssigkeit einschließen. Aber auch wenn die Contraction des Gerinnsels oder Blutkuchens vollständig eingetreten ist, enthält derselbe immer noch eine große Menge der Blutflüssigkeit, welche sich mit allen in ihr aufgelösten Substanzen als tränkende Flüssigkeit in dem fest gewordenen Faserstoffe und den von ihm eingesperrten Blutkörperchen befindet.

Diese Flüssigkeit, ebenso wie das ausgetretene Serum, enthält einen andern stickstoffhaltigen Bestandtheil aufgelöst, welcher wie das Eiweiß der Eier durch Hitze zur Gerinnung kommt und wegen dieser und sonstiger Aehnlichkeiten als Eiweißstoff des Blutes Albumin genannt wird.

Außer diesen, für die Ernährung ohne Zweifel höchst wichtigen Blutbestandtheilen findet die chemische Untersuchung noch eine Mehrzahl sogenannter anorganischer Verbindungen, Eisen, Kalk, phosphorsaure und schwefelsaure Salze und Chlorverbindungen, welche zum Theil gewiß in näherer Beziehung zu jenen organischen Substanzen stehen. Insoweit aber eine eigentlich chemische Verbindung mit den stickstoffhaltigen Blutbestandtheilen nicht für alle wahrscheinlich ist, wird man noch ihre Bestimmung im Blutleben näher zu ermitteln haben; sie scheinen zum Theil von Einfluß auf die Auflösungsfähigkeit des Wassers für organische Substanzen zu seyn, können besondere Wirkungen für den endosmotischen Proceß haben u. s. w. So viel ist gewiß, daß man die große Neigung, sowohl des Menschen als auch vieler Thiere zum Genusse von Kochsalz, welches sich regelmäßig im Blute findet, für einen deutlichen Fingerzeig halten muß, daß dieses Salz eine wichtige Rolle im Leben spielt. Ferner enthält das Blut stets verschiedene Fettarten theils in auflöslichen Verbindungen mit Natron, theils als Körnchen oder Tröpfchen, und nach neueren Untersuchungen findet sich noch außerdem ein anderer ternär zusammengesetzter Körper, nämlich Zucker, im Blute vor. In geringer Menge enthält das Blut Substanzen, welche ihrer Zusammensetzung nach nur theilweise erkannt sind, jedoch ein großes physiologisches Interesse besitzen, insofern sie zum Theil für Zersetzungsprodukte der thierischen Organe gelten müssen, somit auf diesen Zersetzungsproceß selbst zurückführen. Der Harnstoff, eine chemische Verbindung, in welcher eine sehr bedeutende Menge von Stickstoff den Körper auf dem Wege durch die Nieren verläßt, ist von mehreren Forschern im Blute aufgefunden worden.

Das Kapitel über die Athmung wird sich näher mit den Gasen beschäftigen, welche im Blute in sogenannter aufgelöster (tropfbar flüssiger) Form vorkommen.

Wir erkennen in diesen Bestandtheilen der Blutflüssigkeit die verschiedenen wichtigen Beziehungen des Blutes zur Ernährung und dem Stoffumsatze der Organe. Es entsteht aber nun die Frage nach der Bedeutung der Blutkörperchen. Sie können unmöglich unmittelbar zur Ernährung verwandt werden, die Blutgefäße haben überall Wandungen, nirgends sichtbare Oeffnungen. Wir kennen überdieß die Entstehung der Gewebe mindestens so gut, um behaupten zu können, daß sich anlagernde Blutkörperchen in der Geschichte derselben keinen Platz finden.

Gleichwohl weist die chemische Zusammensetzung der Blutkörperchen auf eine wichtige Rolle derselben im Ernährungsprocesse hin. Denn es enthalten dieselben in einer einzigen stickstoffhaltigen Verbindung, dem Globulin, welches zu den eiweißartigen Substanzen gehört, weit mehr Nahrungsstoff als die Blutflüssigkeit.*) Außer dem Globulin enthalten die Blutkörperchen noch den eisenhaltigen Farbstoff, welcher auch zu den Stickstoffverbindungen zu gehören scheint, wahrscheinlich auch, jedoch in geringen Mengen, noch andere stickstoffhaltige Substanzen, so wie Fett.

---

*) Für das Menschenblut scheint die Quantität des Eiweißstoffes etwa 6 bis 7 pCt. des Blutes zu betragen, die des Globulins doppelt so viel, während der Faserstoff etwa 1/4 pCt.

Da nun schon oben erwähnt wurde, daß sich höchst wahrscheinlich aus den Lymphkörperchen stets auf's Neue Blutkörperchen bilden, so ist ohne Weiteres die Annahme nothwendig, daß von letzteren auch stets ein Theil zu Grunde geht. Mag das nun geschehen wo und wie es will, so wird es immer wahrscheinlich seyn, daß dabei die stickstoffhaltigen Verbindungen derselben Veränderungen erleiden; sie können nun auflöslich werden und in dieser Form ist eine Verwendung derselben zur Ernährung denkbar.

Ein eigenes Dunkel liegt über dem Verhältniß der Blutkörperchen zur Athmung. Daß sie dabei betheiligt sind, scheint sehr klar zu seyn, indem sie stets dunkelfarbig in die Athmungsorgane eintreten, um dieselben hellroth wieder zu verlassen und und in den Capillaren anderer Organe wieder die dunkle Farbe anzunehmen.

Mit dem bisher über die Beschaffenheit des Blutes Mitgetheilten ist nun zu vergleichen, was man über die Zusammensetzung der Lymphe und des Chylus weiß. Es ist oft ausgesprochen, daß die Lymphe gleich sey dem Blute nach Abzug der Blutkörperchen. Dieser Ausdruck ist in der That geeignet, mit einem Worte einen ungefähren Begriff von dieser Flüssigkeit zu geben und auf ihre Bestimmung, zu Blut zu werden, hinzuweisen. Wir sehen in der Lymphe dieselben blassen Körperchen, welche auch das Blut zwischen seinen eigenthümlichen Scheibchen enthält. Wir sehen die Lymphe gerinnen wie das Blut, sie enthält also Fibrin. Die chemische Untersuchung weist das Albumin, die Fette, die Extractivstoffe, die Salze darin nach, ungefähr wie im Blute. Um nun aber auf diesem Wege zum Verständniß der besonderen physiologischen Rolle der Lymphgefäße zu kommen, ist es natürlich nothwendig zu untersuchen, welche Verschiedenheiten neben dieser großen Uebereinstimmung sich finden mögen. Ein wichtiger Unterschied liegt in den verschiedenen Graden des Wassergehaltes des Blutes und der Lymphe. Die Lymphe ist wässeriger als das Blut, sie hinterläßt beim Abdampfen einen geringern festen Rückstand. Wir können uns also vorstellen, daß die Wurzeln der Lymphgefäße, indem sie aus den Geweben eine mehr wässerige Flüssigkeit aufsaugen, die Concentration der Gewebeflüssigkeit erhöhen und dadurch einen Einfluß auf die Vegetation ausüben. Ein anderer Unterschied der Lymphe scheint darin zu liegen, daß sie im Verhältniß zu den übrigen Stoffen, welche in ihr gelöst sind, mehr sog. Extractivstoff enthält, als das Blut. Auch hiedurch würden die Lymphgefäße einen eigenen Einfluß auf den plastischen Proceß ausüben. — Die Chylusgefäße haben ohne Zweifel den wesentlichsten Antheil an der Aufnahme der Nahrung aus dem Darmkanale. Schon die Lage ihrer Anfänge spricht deutlich dafür. Auf die einfachste Weise aber wird diese Ansicht bestätigt durch den leicht wahrnehmbaren Einfluß, den, wie oben schon erwähnt wurde, der Fettgehalt der Speisen auf den Fettgehalt des Chylus ausübt.

Daß die Absorption durch die Lymphgefäße und der Uebergang von Substanzen aus den umgebenden Geweben in die Capillargefäße verschiedene Resultate liefern, darüber kann man sich im Allgemeinen nicht wundern, da die Bedingungen beider Vorgänge verschiedene sind. Indessen sind wir weit davon entfernt, die Wirkung dieser verschiedenen Bedingungen zu verstehen. Als bemerkenswerthe Eigenheiten der Thätigkeitsweise dieser verschiedenen Gefäßarten erwähnen wir, daß man mehrfach mit negativem Resultate den Versuch gemacht hat, auf dem Wege durch die Chylus- oder Lymphgefäße Farbstoffe in das Blut zu bringen, während die Capillargefäße dieselben leicht aufnehmen. Noch entschiedener zeigte sich diese Differenz bei der Aufnahme von Giften. Hängt man das Bein eines Frosches in die Auflösung eines narkotischen Giftes, so treten bald die Erscheinungen desselben ein. Hat man aber vorher die Circulation des Blutes in dem Schenkel gehemmt, so bleibt die Vergiftung aus. Sie zeigt sich aber bald, wenn man die Blutbewegung wieder eintreten läßt. Aehnliche Versuche wurden mit Darmpartieen angestellt, deren Blutgefäße man comprimirte. —

Was wir im Voranstehenden über die Ernährungsflüssigkeiten bei den Wirbelthieren kennen gelernt haben, dürfen wir nicht ohne Weiteres auf die übrigen wirbellosen

Thiere übertragen. In manchen Gruppen kehren hier allerdings ganz ähnliche Verhältnisse wieder, doch in anderen sehen wir eine größere Abweichung und eine Vereinfachung nicht bloß in anatomischer, sondern auch in physiologischer Hinsicht.

Die hauptsächlichen Verschiedenheiten betreffen das Blut mit seinen Leitungsapparaten, das Verhalten des Blutes zum Chylus und zur Lymphe.

Um diese Verschiedenheiten nach ihrem Werthe gehörig würdigen zu können, müssen wir uns zuvor nochmals die Stellung vergegenwärtigen, welche das Blut zu dem Proceß der Ernährung einnimmt. Wir müssen uns namentlich daran erinnern, daß das Blut, wie am Eingang des gegenwärtigen Abschnittes bemerkt wurde, nicht schon selbst die eigentliche Ernährungsflüssigkeit ist, sondern diese vielmehr erst liefert. Die eigentliche Ernährungsflüssigkeit ist außerhalb der Gefäße und durchtränkt, als ein farbloses homogenes Fluidum ohne alle körperlichen Elemente, ein jedes Organ des thierischen Leibes. Sie wird gewöhnlich mit dem Namen der Lymphe benannt. Da dieser aber gleichfalls auch für die in den sogenannten Lymphgefäßen enthaltene Flüssigkeit gebraucht wird, so wollen wir sie künftig zur bessern Unterscheidung als Gewebe- oder Parenchymaflüssigkeit bezeichnen. In dem Blute können wir nichts Anderes sehen, als ein Depot der assimilablen und der aus dem Körper auszuscheidenden Stoffe. Die große Bedeutung, welche eine solche Substanz für ein regelmäßiges und gleichförmiges Zustandekommen der Lebenserscheinungen hat, läßt sich leicht einsehen. Es ist die Bedeutung eines regulatorischen Apparates. Durch die Anwesenheit des Blutes ist der Proceß der Ernährung dem unmittelbaren Einfluß der manchfachen Fluctuationen in der Aufnahme der Nahrung und in dem Verbrauch der thierischen Materie entzogen. Die Einrichtung eines Kreislaufes macht es möglich, daß dieses in einem noch vollkommenern Maaße geschehen kann.

Die Nothwendigkeit eines solchen Apparates liegt in der jedesmaligen Organisation des thierischen Körpers begründet. Wir würden uns kein Wirbelthier ohne Blut, ohne Kreislauf denken können. Auch die größere Menge der Wirbellosen verlangt bei der gegebenen Anordnung ihrer excretorischen und respiratorischen Flächen, bei ihrer Körpergröße und der Energie ihres Stoffwechsels eine gleiche Vorrichtung. Doch daraus folgt noch nicht, daß ohne Blut und Kreislauf nun überhaupt kein Thier existiren könne. Es ist im Gegentheil sehr wohl eine thierische Organisation denkbar, bei der die aus den Nahrungsmitteln abgeschiedenen assimilablen Stoffe sogleich zur Ernährung der einzelnen Gewebe verwandt werden, bei der statt eines eigentlichen Kreislaufs ein bloßer endosmotischer Austausch in den einzelnen Portionen der Parenchymaflüssigkeit stattfindet. Doch nur für gewisse, sehr wenig vollkommen organisirte Geschöpfe ist dieses möglich, wie schon früher erwähnt wurde, nur für diejenigen Thiere, bei denen die Kleinheit des Körpers und die Gleichförmigkeit des Baues eine Compensation der etwaigen localen Veränderungen in der Ernährungsflüssigkeit mit hinreichender Leichtigkeit und Schnelligkeit erlaubt.

Man darf nun aber nicht glauben, daß ein derartiges Verhältniß vollkommen unvermittelt neben der Einrichtung der übrigen Thiere stehe, so daß man zwischen beiden eine scharfe Grenze ziehen könnte. Bei näherer Betrachtung wird man sich vielmehr überzeugen, daß jene Vereinfachung sich allmählig vorbereitet, indem das Blut eine immer mehr veränderte Stellung in der Reihe der Ernährungsflüssigkeiten einnimmt.

Um dieses gehörig darzulegen, ist es nothwendig, hier einige allgemeine Bemerkungen über die Anordnung des Blutgefäßapparates bei den Evertebraten vorauszuschicken. Bei einer Anzahl dieser Thiere finden wir ein Blut, welches ebenso, wie bei den Vertebraten, in einem vollständig geschlossenen Systeme von Gefäßen circulirt. Aus diesen transsudirt dann die Parenchymaflüssigkeit in das Gewebe, während dafür die mit den Zersetzungsproducten des Körpers geschwängerte Lymphe aufgenommen wird. Nur darin findet sich ein Unterschied von den entsprechenden Vorgängen bei den Wirbelthieren, daß die Lymphe auf endosmotischem Wege in die Blutgefäße übertritt, nicht durch Hülfe besonderer

Zuleitungsapparate, die in ihrem Vorkommen nur auf die Wirbelthiere sich beschränken. — Mit den Lymphgefäßen sind aber auch die Leitungsapparate des Chylus geschwunden. Dieser wird dann zum Theil vielleicht unmittelbar von den Gefäßen des Darmkanales aufgenommen; zum andern Theil indessen gelangt er in die Leibeshöhle, wo er eine Zeitlang verharrt und Chyluskörperchen bildet, wie in den Chylusgefäßen der Wirbelthiere. Bei den letzteren verwandeln sich diese Elemente nun späterhin in genuine Blutkörperchen. In jenen wirbellosen Thieren aber ist dieses unmöglich, da die Anordnung des Circulationsapparates eine direkte Ueberführung der Chyluskörperchen in das Blut verhindert. Wenn dieselbe geschehen soll, müssen die Körperchen vorher erst wiederum aufgelöst werden.

Die Bildung der Chyluskörperchen scheint nun unter solchen Umständen ganz zwecklos, wenn wir der Vermuthung nicht Raum geben wollen, daß der Chylus der Leibeshöhle nicht bloß für die Erneuerung des Blutes bestimmt sey, sondern auch sonst noch irgend eine Rolle zu spielen habe, von der die Anwesenheit jener Körperchen abhänge. Und da hat man denn wohl zunächst an die Möglichkeit zu denken, daß schon der Chylus bei dem Processe der Ernährung sich betheilige, indem er, gleich dem Blute, einen Theil der Parenchymaflüssigkeit liefert. — Nach dieser Annahme wäre dann der Chylus ein Complement des Blutes. Und diese Annahme empfiehlt sich um so mehr, als die gesammte Masse des Blutes und der Gefäße bei den betreffenden Geschöpfen eine verhältnißmäßig weit geringere ist, als in den Wirbelthieren, und namentlich in manchen Fällen sehr auffallend abnimmt. Auf den ersten Blick scheint freilich der Umstand gegen die Richtigkeit dieser Vermuthung zu sprechen, daß der Chylus, der bloß in der Leibeshöhle fluctuirt, außer jenem Zusammenhang mit den Athmungsorganen ist, welcher für eine Ernährungsflüssigkeit nothwendig scheint, allein dieser Einwurf verliert an Bedeutung, sobald wir sehen (vgl. das Kap. von der Wasseraufnahme), daß der Chylus durch eine besondere Beziehung zu dem Wasser sehr wohl eine nutritive Fähigkeit erhalten dürfte.

Ein Verhältniß, wie wir es eben berücksichtigt haben, ist nun aber unter den Wirbellosen keineswegs die Regel. Es ist weit häufiger, daß das Blutgefäßsystem, statt einen vollständig geschlossenen Apparat zu bilden, in größerem oder geringerem Umfang durch wandungslose Gänge und Räume vertreten wird. Zunächst schwinden bei solcher Anordnung die Capillaren. Das Blut tritt dann aus den freien Endigungen der Arterien unmittelbar an die einzelnen Organe des Körpers, um sie zu ernähren. Die Parenchymaflüssigkeit wird aber hierdurch nicht unnöthig. Diese existirt ja nicht als eine besondere Flüssigkeit zwischen den Wandungen der Capillaren und der Oberfläche der einzelnen Gewebe, sondern vielmehr im Innern derselben, wo sie an jedem Punkte mit dem Blute und der Parenchymaflüssigkeit der benachbarten Gewebtheile in endosmotischem Verkehr steht. Und dieses Verhältniß wird dadurch nicht geändert, daß die capillaren Strömungen des Blutes nicht mehr von besonderen Gefäßwandungen umschlossen sind. Der Mangel der Capillargefäße gibt also keinerlei Veranlassung zum Schwinden der Parenchymaflüssigkeit. Er ist vielmehr die Ursache, daß dieselbe an Bedeutung zunimmt. Wir können nämlich überall beobachten, daß bei der Abwesenheit der capillaren Gefäße nicht etwa bloß die begränzenden Wandungen der Blutwege ausfallen, sondern auch die Zahl derselben sich beträchtlich verringert, so daß nur noch wenige größere Communicationen zwischen Arterien und Venen bleiben, die oftmals ganz ansehnliche Massen blutleeren Parenchyms inselartig umschließen. Und diese Massen können allein durch die endosmotischen Strömungen der aus dem Blute ausgetretenen Ernährungsflüssigkeit, die sie durchtränkt, in Integrität erhalten werden.

Während nun auf solche Weise die Bedeutung der Parenchymaflüssigkeit für den Proceß der Ernährung mit der Degradation des Gefäßsystemes zunimmt, ändert sich auf der andern Seite zugleich das Verhältniß des Blutes zu dem Chylus. Ueberall nämlich, wo der Gefäßapparat aufgehört hat, ein geschlossenes System zu bilden, tritt auch die Leibeshöhle, in die bei dem Mangel besonderer Lymphgefäße ein großer Theil des Chylus transsudirt, in offene Com=

munication mit dem Circulationsapparate und zwar zunächst mit dem venösen Theile desselben. Durch diese Einrichtung bekommt der Chylus Gelegenheit zum directen Uebertritt in das Blut, wie bei den Wirbelthieren, und noch vollständiger, weil die Leibeshöhle in solchen Fällen nicht etwa bloß einen Anhang des Circulationsapparates darstellt, sondern vielmehr einen förmlichen venösen Sinus, in dem das Blut mit dem Chylus sich mischt. Ein Unterschied zwischen Blut und Chylus hat somit aufgehört. Was in dem Körper circulirt, ist eine Mischung aus diesen beiden Flüssigkeiten. — Die Degradation des Circulationsapparates kann aber noch weiter gehen, sich sogar auf die Venen und Arterien erstrecken. Von dem ganzen so complicirten Gefäßapparate bleibt dann am Ende nur noch ein contractiles herzartiges Gebilde. Und auch dieses ist nicht einmal constant. Indem hiebei dasselbe Verhältniß wiederkehrt, welches wir vorhin von den capillaren Blutwegen erwähnt haben, beschränkt sich nun die gesammte Masse des Blutes immer mehr auf die Leibeshöhle, aus der sich dann nur noch einzelne isolirte Strömchen für die Anhangsgebilde des Körpers abzweigen, um aber sehr bald wieder in die Leibeshöhle sich zu ergießen. Auf solche Weise verkleinert sich die Flächenberührung zwischen Blut und Gewebe immer mehr, und in einem Grade, der nicht überall mit der etwaigen Größenabnahme des Thieres im Verhältniß steht. Es ist offenbar, daß solches auf die Energie des Stoffwechsels großen Einfluß hat. Eingeweide und Hautmuskelschlauch sind bei dem Mangel aller Gefäße und Blutströme, die sie durchsetzen könnten, allein auf die Blutflüssigkeit angewiesen, die sie umspült. Von da aus tritt die Parenchymaflüssigkeit in das Innere der Gewebe, um die Processe der Ernährung, der Respiration und der Ausscheidung zu vermitteln.

Immer aber haben wir jetzt noch zweierlei Flüssigkeiten im Körper der Thiere, die physiologisch allerdings zusammenhängen, in anatomischer und histologischer Beziehung sich aber sehr wohl von einander unterscheiden: die mit körperlichen Elementen versehene Blutflüssigkeit in der Leibeshöhle (in der man fast einen bloßen Chylus sehen möchte), und die körperlose homogene Parenchymaflüssigkeit im Innern der einzelnen Organe und Gewebe.

Doch selbst hier kann noch eine weitere Reduction stattfinden, indem die Leibeshöhle schwindet und dem Chylus dadurch die Gelegenheit genommen wird, sich anzusammeln und körperliche Elemente in sich zu entwickeln. Unmittelbar aus den Nahrungsstoffen wird er dann als eine Parenchymaflüssigkeit in die Substanz des Körpers übergeführt.

Und hiermit wären wir denn wieder an dem Ausgangspunkte unserer Untersuchung, bei den einfachsten Thierformen, angelangt, bei denen ohne Weiteres dasselbe erreicht ist, was bei den höheren Geschöpfen das Product eines zusammengesetzten und künstlichen Mechanismus ist. Es bedarf natürlich wohl kaum nochmals der Erwähnung, daß die jedesmalige Entwicklung des ernährenden Apparates eine entsprechende Art der Organisation und des Lebens voraussetzt, daß keineswegs beliebig bald diese, bald jene in Anwendung gezogen seyn kann. Was sich in dieser Hinsicht erkennen und vermuthen läßt, wird in der speciellen Betrachtung bei den einzelnen Gruppen der Thiere berücksichtigt werden. Wir begnügen uns hier einstweilen mit der einfachen Thatsache, die jedenfalls für die Behauptung ausreicht, daß die Stellung des Blutes zu den übrigen Ernährungsflüssigkeiten bei den Evertebraten in mehrfacher Art wechsele und die große Bedeutung, die es bei den höheren Thieren hat, allmälig immer mehr verliere.

Blut der wirbellosen Thiere. Das Blut der Wirbelthiere ist eine rothe Flüssigkeit. Unter den Wirbellosen dagegen besitzen nur die Ringelwürmer ein rothes Blut, und auch sie nicht einmal ohne Ausnahme. Bei den übrigen hat diese Flüssigkeit eine verschiedene (gelbliche, grüne, violette, bläuliche) Färbung oder ist vollkommen farblos, wie vielleicht in der Mehrzahl der Fälle und namentlich überall da, wo der circulatorische Apparat sehr rudimentär ist oder gänzlich fehlt. Mit der anatomischen und physiologischen Selbstständigkeit scheint das Blut auch immer mehr seine auszeichnenden Charaktere zu verlieren.

Für diese Annahme spricht auch die Beschaffenheit der Blutkörperchen. Ohne jene

specifische Form und Formverschiedenheit, welche wir bei den Wirbelthieren an ihnen kennen gelernt haben, erscheinen diese hier ganz einfach als rundliche Körperchen oder Zellen, die häufig eine unregelmäßig granulirte Oberfläche zeigen und überhaupt weit mehr an die Lymphkügelchen der Wirbelthiere erinnern, als an die Blutkörperchen. Sie sind beständig farblos, wie jene, selbst da, wo das Blut in mehr oder minder intensiver Weise gefärbt ist. Der Farbestoff inhärirt hier überall dem Plasma. Die Größe der Blutkörperchen ist meist gering, nur selten beträchtlicher als $^1/_{200}$'''. Gewöhnlich beträgt sie um $^1/_{400}$'''. Doch finden sich darin mancherlei Schwankungen, sogar in demselben Thiere.

Weit auffallender ist die spärliche Menge, in der diese Körperchen gewöhnlich vorkommen, so daß man für manche Arten sogar ihre vollkommene Abwesenheit behaupten konnte. Indessen gibt es auch andere Arten, wo sie ebenso dicht gedrängt im Blute sind, wie bei den Wirbelthieren. Den physiologischen Werth dieser Verschiedenheiten können wir bei unserer mangelhaften Kenntniß über die eigentliche Bedeutung der Blutkörperchen, wie über die gesammten vegetativen Lebenserscheinungen der Wirbellosen noch nicht vollständig überblicken. Jedoch ist wohl so viel gewiß, daß sie mit den Verschiedenheiten der Athmung und Ernährung zusammenhängen und durch die jedesmaligen Bedürfnisse des Stoffwechsels bestimmt werden. — Was die chemische Zusammensetzung des Blutes betrifft, so scheint diese bei den Wirbellosen im Wesentlichen dieselbe zu seyn, wie bei den höheren Thieren. Es läßt sich dieß schon aus dem Umstand abnehmen, daß die wesentlichen Bestandtheile des Körpers in beiden übereinstimmen. Auch directe Untersuchungen, so wenig ausreichend sie freilich bis jetzt haben angestellt werden können, haben es nachgewiesen. Jedoch ist es sehr wahrscheinlich, daß auch mancherlei Abweichungen in dieser oder jener Beziehung vorkommen werden, die mit einzelnen specifischen Eigenthümlichkeiten in Beziehung stehen mögen. So läßt uns gewiß die Cellulose in dem Mantel der Tunicaten, das Chitin (= Cellulose + Ammoniak) in dem Panzer der Arthropoden auf eine entsprechende Beschaffenheit des Blutes, auf einen Reichthum an ternären Verbindungen (vielleicht Zucker) zurückschließen. Ebenso wird der Gehalt an anorganischen Salzen manchfach wechseln, bei den nackten Thieren geringer seyn, als bei den gehäusetragenden u. s. w. So ist auch das Eisen im Blut mancher Evertebraten durch Kupfer oder Mangan vertreten.

Ueber den **Mechanismus des Kreislaufes** bei den wirbellosen Thieren kann im Allgemeinen nur wenig gesagt werden. Es ist natürlich, daß darin nach der anatomischen Anordnung des circulatorischen Apparates vielfache Verschiedenheiten vorkommen. Doch sind wir leider noch nicht im Stande, dieselben schon jetzt einer vollständigen physikalischen Analyse zu unterwerfen.

Wo ein geschlossener Gefäßapparat vorkommt, da finden sich wohl dieselben Verhältnisse, wie bei den Wirbelthieren. Ein Theil des Apparates bildet ein Propulsionsorgan. Er contrahirt sich und setzt das eingeschlossene Blut in Bewegung, während der übrige Theil die bewegte Flüssigkeit durch die einzelnen Organe des Körpers leitet und nach dem Propulsionsorgane zurückführt. Wenn nun die mechanischen Schwierigkeiten des Kreislaufes, die ja nach der speciellen Entwicklung des Gefäßapparates, nach der Form des Körpers u. s. w. beträchtlich wechseln, durch die Leistungen eines einzigen Herzens nicht hinreichend überwunden werden können, dann bilden sich wohl an dieser oder jener Stelle, je nach den Bedürfnissen, noch accessorische neue Propulsionsorgane. Um den Kreislauf nicht zu stören, müssen dann aber alle diese Organe unter dem Einflusse eines gemeinsamen regulatorischen Apparates stehen, damit Zeit und Richtung der einzelnen Contractionen einander entsprechen. Ohne den Kreislauf zu beeinträchtigen wird nun aber auch aus dem leitenden Theile des Gefäßapparates ein geringeres und größeres Stück ausfallen können, indem die Stelle der Gefäße durch einfache wandungslose Gänge oder Hohlräume zwischen den einzelnen Organen und Gewebtheilen vertreten wird. Das Blut, durch die Kraft des Herzens fortbewegt, wird in ihnen ebenso sicher und ungestört laufen, als in den Gefäßen. Mit den Gefäßen ist

freilich auch die Möglichkeit hinweggefallen, durch Erweiterung und Verengerung der Blutwege die Menge der zu einem gewissen Organe hinströmenden Ernährungsflüssigkeit je nach den Umständen zu ändern, allein das Bedürfniß einer solchen localen Aenderung wird dann auch wohl sehr viel geringer seyn. Scheint es doch überhaupt, als ob der Stoffwechsel der wirbellosen Thiere (aus Gründen, die hauptsächlich in der Anordnung der locomotorischen Organe und der geringern Körpergröße zu suchen sind) im Allgemeinen weit gleichmäßiger in allen Theilen des Körpers stattfände, als bei den höheren Geschöpfen. Auf der andern Seite wird übrigens in den lacunösen Strecken der Blutbahnen durch Lagenveränderung der begrenzenden Gebilde, durch Contraction der Muskeln, zwischen denen das Blut sich hindurchwindet, auch gewiß manche augenblickliche Unregelmäßigkeit in der Blutbewegung nicht vermieden werden können, indessen ist auch diese für das Zustandekommen des Kreislaufes im Ganzen wohl kaum von einiger Bedeutung. Im Treiben der größern Bewegung geht die kleine Störung spurlos unter. Für das Organ selbst, welches etwa solchergestalt in die Bewegung des Blutes eingreift (und dabei werden wir vorzugsweise an Muskeln zu denken haben), kann dieß selbst von einigem Vortheile seyn. Die thätige Muskel setzt die seine Fasern bespülende Flüssigkeit in Bewegung, befördert den Wechsel, das Hinzutreten neuen Blutes. Selbst die Theilnahme der Leibeshöhle an der Bildung des Circulationsapparates hebt die Möglichkeit des Kreislaufes nicht auf. Höchstens leidet darunter die Schnelligkeit und Vollständigkeit desselben in verschiedenem größern oder geringern Grade, je nach den speciellen Organisationsverhältnissen. Doch selbst ein solcher Kreislauf wird gewissen (geringeren) Anforderungen des Stoffwechsels immer noch entsprechen können.

Am unvollkommensten ist dieser Kreislauf unstreitig in denjenigen Fällen, in welchen die Leibeshöhle einen geräumigen Behälter bildet, der das Blut vor seinem Eintritt in das Herz aus den verschiedensten Theilen des Körpers aufnimmt. Zu einer eigentlichen Stagnation des Blutes in der Leibeshöhle kommt es aber auch in diesen Fällen niemals, weil theils von den verschiedensten Seiten her ein Zufluß dazu stattfindet, theils auch ein fortwährender Abfluß in das Herz diesem Zuflusse die Wage hält. Auch die mancherlei verschiedenen Körperbewegungen, die Contractionen des Hautmuskelschlauches u. s. w. sind hier von großem Einfluß. Sie wirken allerdings nicht immer in einer der Richtung des Kreislaufes entsprechenden Weise, dienen aber doch jedenfalls dazu, eine Bewegung des Blutes zu unterhalten, die wohl bis zu einem gewissen Grade als Ersatz eines regelmäßigen Kreislaufes dienen kann. Und je rudimentärer die eigentlichen Circulationsapparate erscheinen, desto mehr gewinnt diese Triebkraft an Bedeutung.

Wo bei der Abwesenheit des gesammten venösen Apparates das Herz unmittelbar mit der Leibeshöhle communicirt, haben diese Bewegungen offenbar auch eine große Wichtigkeit für den Eintritt des Blutes in dasselbe. Es ist aber die Frage, ob sie allein diesen Eintritt bewirken. Einigen Antheil daran hat jedenfalls noch die von dem Herzen aus der gesammten Blutmasse mitgetheilte Bewegung, einen noch größern Antheil aber auch für diese Fälle unzweifelhaft die sog. Saugkraft des Herzens. Wenn bei der Diastole sich dieses Gebilde erweitert, wenn dann durch irgend eine Einrichtung der Rücktritt des Blutes in die arterielle Oeffnung desselben gehindert ist, so muß durch die venöse Oeffnung eine Füllung von der Leibeshöhle aus geschehen.

Es gibt nun aber auch Thiere, wie schon oben angeführt wurde, die mit den Gefäßen auch zugleich das Herz verloren haben, deren Blut sich auf die Leibeshöhle beschränkt, ohne daß es von da aus sich weiter im Körper verbreiten könnte. Bei diesen kann ein Doppeltes der Fall seyn. In den einen ist das Blut ohne jeden eigentlichen Motor. Die Bewegung ist dann eine bloße unregelmäßige Fluctuation, die durch die Contractionen des Hautmuskelschlauches unterhalten wird. In den anderen ist dagegen die treibende Kraft durch neue und abweichende Vorrichtungen erzielt worden. Zahllose schwingende Wimpern, welche die Leibeshöhle auskleiden, bewirken dann einen regelmäßigen Kreislauf.

Bei völliger Abwesenheit einer gesonderten Blutflüssigkeit kann endlich überhaupt keinerlei mechanische Bewegung derselben mehr stattfinden. Die molecularen Strömungen der Parenchymaflüssigkeit, die den beständigen endosmotischen Austausch begleiten, sind in solchen Fällen zur Compensation der verschiedenen localen Veränderungen der Ernährungsflüssigkeit vollkommen ausreichend.

Es ist schon oben bemerkt worden, daß gerade in dieser Compensation der ausschließliche Zweck des Kreislaufes bestehe. Wenn wir nun bedenken, daß dieselbe in den verschiedenen, höheren und niederen Thieren zur Erhaltung des Lebens in einem verschiedenen Maaße nothwendig erscheint, daß sie ferner auch durch anderweitige Mittel (passende Anordnung der absondernden und aufsaugenden Flächen) bis zu einem gewissen Grade möglich ist, dann wird die verschiedene Entwicklung der Kreislaufsorgane und des Kreislaufes selbst, der davon abhängt, dann wird die allmälige Degradation einer bei den höheren Thieren so sehr wichtigen Erscheinung nicht länger räthselhaft erscheinen. Selbst der unvollkommenste Kreislauf vermag den nutritiven Anforderungen einer gewissen Organisation noch Genüge zu leisten.

Das Verhältniß des Blutes zum Stoffwechsel ist übrigens nicht bloß einseitig von der größern oder geringern Vollständigkeit des Kreislaufes oder von der relativen Größe der Contactfläche zwischen Blut und Gewebe abhängig. Auch die Schnelligkeit des Kreislaufes hat darauf einen bestimmenden Einfluß. Eine unvollständige, aber raschere Circulation wird dieselben Leistungen erfüllen können, als eine vollständige, langsamere.

Wir sind leider noch nicht im Stande die Schnelligkeit der Circulation bei den Wirbellosen genauer bestimmen zu können. Die Menge des vorhandenen Blutes, das quantitative Verhältniß desselben zur Körpergröße, die Capacität des Herzens sind noch überall unbekannt. Nur über die Frequenz der Herzcontractionen haben wir einige dürftige Beobachtungen. Und schon diese lassen uns erkennen, daß wirklich in vielen Fällen die anatomische Unvollständigkeit der Circulationsapparate in der vermehrten Contraction des Herzens ein Gegengewicht findet. Bei dem Regenwurm, der ein geschlossenes Gefäßsystem besitzt, zählt man nur 14—18 Herzschläge in der Minute, bei der gewöhnlichen Gartenschnecke 34, beim Flußkrebs 50, beim Ligusterschwärmer, dessen Kreislauf von allen den genannten Thieren am unvollständigsten ist, etwa 60—70. Mit den Anforderungen des Stoffwechsels ändert sich aber zugleich die Frequenz der Herzschläge sehr merklich, am auffallendsten bei den Insekten, deren Flugbewegungen eine beträchtliche Vermehrung in dem Verbrauch organischer Materie nothwendig machen. Schon bei mäßiger Bewegung steigt bei dem Ligusterschwärmer die Zahl der Herzschläge bis auf 100, bei noch stärkerer bis 140—150. Die Larve hat etwa dieselbe Anzahl, wie das ausgebildete Insekt während der Ruhe. Nur im Anfang, wo sie außerordentlich gefräßig ist und fast zusehends wächst, erscheint dieselbe größer; später, gegen die Zeit des Puppenschlafes, dagegen geringer. Während dieses Zustandes, wo keine Nahrungsaufnahme geschieht, wo auch die Bewegung sonst völlig aufhört, sinkt sie bis auf 18 oder 20. Noch weit geringer ist die Zahl der Herzschläge im Winterschlafe, bei den Insekten, wie überhaupt bei allen wirbellosen Thieren. Die Contractionen scheinen dann fast aufgehört zu haben.

Die Schwankungen, die wir in solcher Art bei vielen niederen Thieren wahrnehmen, sind jedenfalls weit beträchtlicher, als bei den Vertebraten. Doch sie müssen es auch seyn, wenigstens in denjenigen Arten, die einen sehr unvollständigen Circulationsapparat besitzen, da sie hier das einzige Mittel bilden, durch welches den wechselnden Bedürfnissen des Stoffwechsels entsprochen werden kann. Bei den Thieren mit geschlossenem Circulationsapparat sind dafür in vielen Fällen schon die besonderen Zustände der Arterien ausreichend, ohne daß das Herz sich dabei in solcher auffallenden Weise zu betheiligen braucht. — Bei den niedrigsten Thieren ohne Herz und Gefäße ist nun freilich eine derartige Regulirung des Kreislaufes durch die Thätigkeit der Propulsionsorgane unmöglich, allein es bedarf hier derselben auch nicht, da die vermehrte Körperbewegung, die doch wohl die gewöhnlichste Ursache eines

größern Stoffverbrauches seyn wird, beständig in direkter Weise die Bewegung des Blutes in der Leibeshöhle beschleunigen muß. —

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen wenden wir uns jetzt zu der speciellen Betrachtung der Circulationsapparate in den einzelnen Abtheilungen der Evertebraten. Die Arthropoden, die wir hier zunächst berücksichtigen, besitzen ohne Ausnahme einen unvollständigen Circulationsapparat. Die Capillaren und Venen fehlen beständig, auch die Arterien häufig in geringerer oder größerer Ausdehnung. Der Motor der Blutbewegung ist ein contractiles Gefäß, das oberhalb des Darmkanales in der Medianlinie des Rückens liegt (vgl. Fig. 18 a). Und selbst dieses ist nicht einmal in allen Fällen vorhanden, wie uns namentlich die Pycnogoniden und Milben beweisen, bei denen das Blut nur durch die Contractionen der Hautmuskeln und des Darms in der Leibeshöhle und den Anhängen derselben (in den Extremitäten u.s.w.) bewegt wird. Und diese Bewegungen werden hier um so eher hinreichen, die Veränderungen der einzelnen Bluttheilchen gegenseitig auszugleichen, als gerade bei den genannten Thieren (wie wir wissen) sehr ansehnliche Darmverästelungen vorkommen, durch welche der Chylus in die entferntesten Theile des Körpers geführt wird und sich in gleichmäßiger Weise an den verschiedensten Stellen dem Blute beimischt.*) Dazu kommt, daß bei der Anordnung der Athmungsorgane (s. unten) auch der Act der Respiration viel weniger an einzelne beschränkte Theile des Körpers gebunden ist.

In letzterer Beziehung bietet uns überhaupt die ganze Abtheilung der Arthropoden ein interessantes Beispiel. Es ist wohl nicht zu läugnen, daß bei diesen Thieren die geringe Vollständigkeit des Circulationsapparates vorzugsweise durch die Entwicklung des respiratorischen Systemes bestimmt wird. Schon Cuvier wußte dieses, obgleich er es bei einer unvollständigen Kenntniß von dem Kreislauf der betreffenden Thiere nicht ganz in richtiger und erschöpfender Weise ausdrückte. Wollen wir den bekannten Ausspruch dieses großen Forschers („daß bei den Insekten nicht das Blut, wie sonst, die atmosphärische Luft der Lungen, sondern umgekehrt diese letztere das Blut aufsuche") unseren jetzigen Kenntnissen anpassen und in gebührender Weise verallgemeinern, so würden wir etwa sagen müssen, daß die Entwicklung des Gefäßsystemes bei den Arthropoden in umgekehrtem Verhältniß zu der Ausbreitung der Athmungsapparate durch den Körper stehe. Bei den sechsfüßigen Insekten, wo die Luft durch ein System verästelter Röhren im ganzen Körper umhergeführt wird, ist die Entwicklung der Gefäße geringer, als bei den Tausendfüßlern und Spinnen, wo solche Röhren allerdings gleichfalls vorkommen, jedoch minder beträchtlich und gleichmäßig sich verästeln und auf einen geringern Raum des Körpers sich beschränken. Ebenso verhalten sich die Crustaceen. Je allgemeiner sich hier die äußeren Bedingungen an dem Respirationsprocesse betheiligen, desto rudimentärer ist der Apparat von Gefäßen. Bei den zehnfüßigen Krebsen, die fast ausschließlich durch Kiemen athmen, ist derselbe am vollständigsten. Hier finden sich die arteriellen Gefäße in vollständiger Entwicklung. Bei den niederen Formen, wo theils neben den Kiemen, theils auch anstatt derselben die ganze äußere Körperfläche die Athmung vermittelt, beschränkt sich das Gefäßsystem, wie bei den sechsfüßigen Insekten, fast nur auf das Herz. — Nach Lage und Anordnung des Herzens zeigen die einzelnen Klassen und Gruppen der Arthropoden eine große Uebereinstimmung. In allen Fällen ist dasselbe, wie wir bereits erwähnten, in der Medianlinie des Rückens unterhalb der äußeren Bedeckungen gelegen und zwar beständig im Abdomen, sey dieses als ein eigener Abschnitt zu erkennen oder mit den anliegenden Abschnitten des Körpers verwachsen. Hier bildet es einen

*) Von anderer Seite ist schon früher auf diese Relation zwischen der anatomischen Anordnung des Darmkanals und der Circulationsapparate hingewiesen. Die Degradation der letzteren bei gleichzeitiger Anwesenheit von Darmverästelungen hat man sogar mit einem eigenen Namen bezeichnet, mit dem Namen des Phlebenterismus, dessen wir aber wohl um so eher entbehren können, als er nicht sehr glücklich gewählt scheint. Die Verzweigungen des Darmes können niemals, wie man behauptet hat, als anatomische Aequivalente der Gefäße fungiren.

cylindrischen Schlauch von gefäßartigem Ansehen, der durch eine verschiedene, meistens jedoch größere Anzahl von Segmenten sich hinstreckt und in seiner Länge nicht unbeträchtlich wechselt. Nur selten (bei den Decapoden, Fig. 142 c) verkürzt sich das Herz zu einem ovalen, sackartigen Gebilde, das dann einige Aehnlichkeit mit dem Herzen der einfachsten Wirbelthiere hat. Die Wandungen des Herzens sind deutlich muskulös, wenngleich von wenig beträchtlicher Dicke. Sie bestehen aus verschiedenen Lagen von quergestreiften Muskelfasern, die der Länge und Quere nach verlaufen und auch wohl sonst noch manchfach sich kreuzen. Die Ringfasern sind von allen am meisten entwickelt. Sie sind es vorzugsweise, die durch ihre Contraction die Systole des Herzens bewirken.

So weit findet sich im Mechanismus der Herzbewegung zwischen den Arthropoden und Wirbelthieren eine völlige Uebereinstimmung. Anders aber ist es mit der Diastole. Während diese bei den letzteren den Zustand der Ruhe und passiven Erweiterung nach vorhergegangener Contraction anzeigte, ist sie bei den Arthropoden, wenigstens zum Theil gleichfalls das Resultat einer Muskelaction. Das Herz der Arthropoden ist nämlich nicht frei und unbefestigt in der Leibeshöhle enthalten, sondern durch eigene seitliche Muskelfasern an der Innenfläche der Hautbedeckung angeheftet. Diese Fasern verlaufen nach der Quere, bald jederseits zu einer continuirlichen membranösen Schicht mit einander vereinigt, bald (und namentlich bei den meisten ausgebildeten Hexapoden und Myriapoden) je nach den Segmenten in mehrere hinter einander gelegene und getrennte Abtheilungen zerfallen, die dann gewöhnlich nach außen sich zuspitzen und eine dreieckige flügelförmige Gestalt haben, bald auch bloß als einzelne isolirte Fasern. Die Befestigung des Herzens ist aber nicht der alleinige Zweck dieser Muskeln. Sie sind contractil und dadurch im Stande, das Herz, das ihren Zusammenziehungen nachgibt, zu erweitern.

Auf eine sehr zweckmäßige Weise nun alterniren die Contractionen dieser Seitenmuskeln mit der Zusammenziehung der Ringmuskeln am Herzen. Die ersteren fallen mit der Diastole zusammen; sie verstärken dieselbe und bewirken dadurch eine größere Erweiterung des Herzens, als es sonst, bei der Abwesenheit derartiger Gebilde, irgend möglich seyn würde.

Wir brauchen hier wohl kaum noch darauf hinzuweisen, daß ein solcher Mechanismus für die Wirkung des Herzens von größter Bedeutung ist, daß namentlich der Eintritt des Blutes dadurch sehr beträchtlich erleichtert ist. Je mehr das Herz sich erweitert, desto größer ist die Masse des eintretenden Blutes und die Einwirkung auf das regelmäßige Zustandekommen des Kreislaufes.

Der Eintritt des Blutes in das Herz bei der Diastole ist übrigens bei den Arthropoden nirgends durch besondere Gefäße vermittelt. Zu diesem Zwecke findet sich vielmehr in den Wandungen des Herzens eine Anzahl von spaltförmigen Oeffnungen, die in paariger Anordnung rechts und links sich wiederholen und der Quere nach gestellt sind. Die Zahl dieser Oeffnungen richtet sich nach der Länge des Herzens und stimmt im Allgemeinen mit der Menge der davon durchsetzten Segmente, wenngleich meistens nur annäherungsweise, überein. Bei den Myriapoden ist dieselbe am beträchtlichsten. In einzelnen Gattungen finden wir hier über hundert Paare solcher Spaltöffnungen und nirgends vielleicht unter zwanzig. Die Hexapoden besitzen deren gewöhnlich sieben Paare, die Arachniden fünf, die Crustaceen eine wechselnde Zahl von eins bis zwanzig. In der Regel sind diese Spaltöffnungen des Herzens zum Eintritt des Blutes in ziemlich gleichen Zwischenräumen über die ganze Länge vertheilt. Beträchtlichere Ungleichheiten finden sich wenigstens nur selten, doch scheint es ziemlich allgemein als Norm zu gelten, daß die hinteren und auch die vorderen derselben einander mehr genähert sind, als die mittleren. Damit nun aber bei der Systole das Blut nicht durch eben diese Oeffnungen wiederum nach außen hinausgetrieben werden könne, ist noch eine eigene Vorrichtung getroffen worden. Eine jede Oeffnung ist nämlich mit zwei halbmondförmigen, frei nach innen in das Lumen des Herzens hineinragenden Klappen versehen, deren äußere convexe Ränder mit den beiden Lippen der Oeffnung fest verwachsen sind. Wenn nun das

Blut während der Diastole in das Herz hineintritt, findet es an diesen Klappen keinen Widerstand; beide weichen aus einander. Bei der Zusammenziehung des Herzens legen sich beide dagegen durch die Kraft des andringenden Blutes dicht an einander und verschließen dabei die Oeffnung so vollkommen, daß kein Blut dadurch entweichen kann. Auf solche Weise ist der Mechanismus des Herzens dergestalt geregelt, daß das Blut beständig in einer bestimmten, von den Eintrittswegen verschiedenen Bahn aus dem Herzen ausgetrieben wird.

In der Entwicklung dieser Klappen, in Form, Länge und Richtung derselben, finden sich freilich mancherlei Verschiedenheiten bei den einzelnen Arthropoden und selbst mitunter bei den einzelnen Oeffnungen desselben Herzens, doch ist wohl anzunehmen, daß sie trotzdem beständig ihrem Zwecke entsprechen. Die größte Entwicklung zeigen die Klappen der sechsfüßigen Insekten, wo sie in schräger Richtung nach vorn und innen so weit vorspringen, daß sie sich häufig in der Mitte berühren und dadurch das ganze Herz in eine Reihe kurzer Abtheilungen oder Kammern zertheilen, die mitunter auch schon äußerlich gegen einander sich absetzen.

Bevor man die Anordnung des Herzens bei den Crustaceen näher kannte und eingesehen hatte, wie aus ihr sich allmälig die Form des gekammerten Herzens der Insekten hervorbildet, hat man wohl hier und da auf die Anwesenheit derartiger Abschnitte ein gar zu großes Gewicht gelegt. Anatomisch und auch physiologisch sind dieselben bloße zusammenhängende Theile eines einzigen gefäßartigen Herzens, ohne eine größere Selbstständigkeit, und keinenfalls den Herzkammern der Wirbelthiere vergleichbar. Die dazwischen hineinragenden Klappen bilden niemals eigentliche Scheidewände, sondern dienen bloß zum Verschließen der Seitenöffnungen. Um diesem Zwecke zu entsprechen, weichen sie bei der Systole nach den Seiten aus einander, so daß dann die einzelnen Abschnitte des Herzens nicht länger von einander getrennt sind und die eingeschlossene Blutmasse eine continuirlich durch alle Kammern sich hin erstreckende Säule darstellt, die durch die Zusammenziehung des Herzens in einer entsprechenden Richtung fortbewegt wird. Niemals contrahiren sich die Kammern einzeln oder in abwechselnder Reihenfolge.

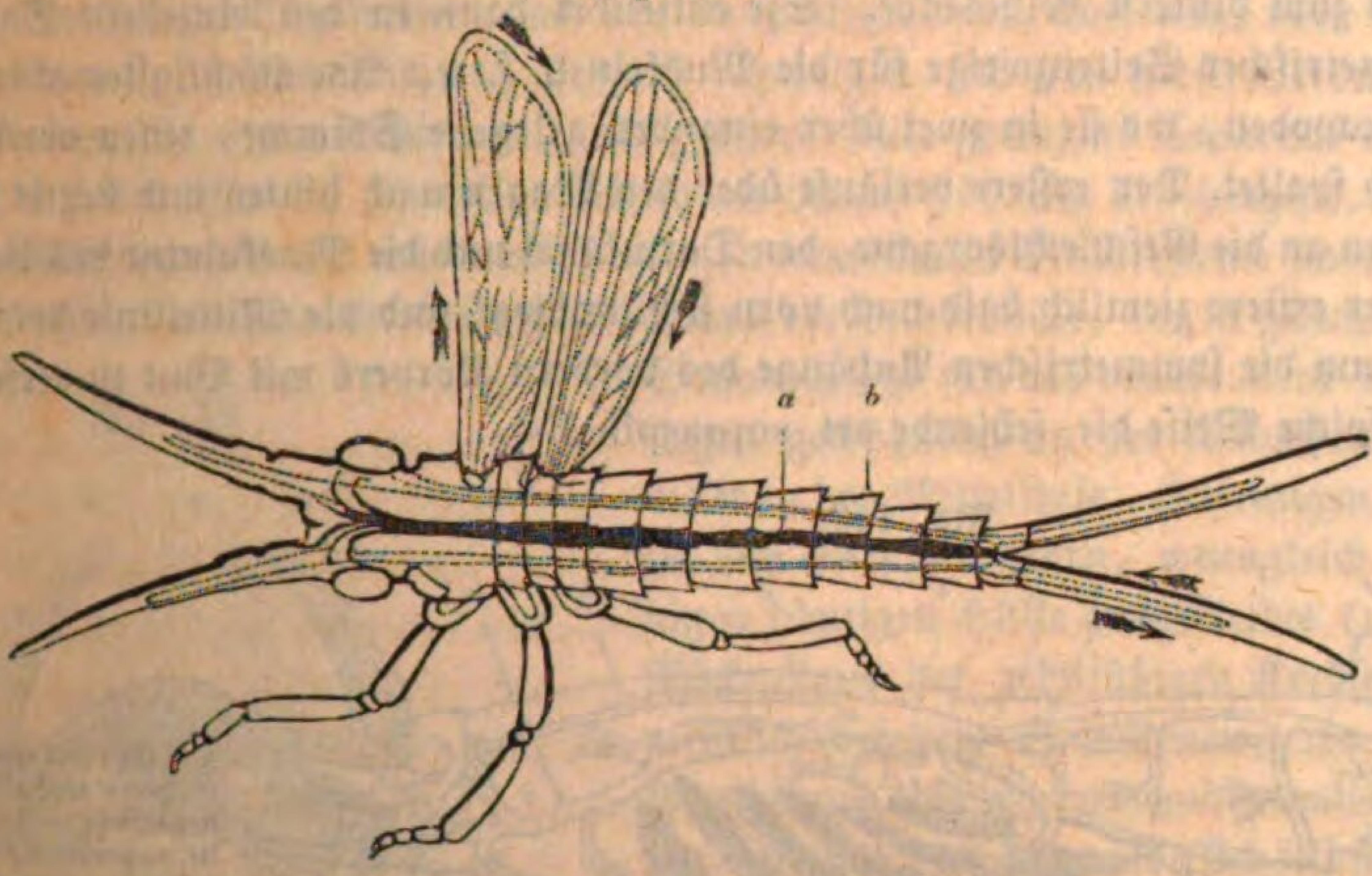
Das vordere Ende des Herzens setzt sich bei allen Arthropoden in ein einfaches, mehr oder minder langes Gefäß fort, in die sog. Aorta (aorta cephalica), die gleichfalls in der Mittellinie des Rückens gelegen ist, bis sie nach kürzerm oder längerm Verlauf mit freier Mündung aufhört. Gewöhnlich geschieht dieses an dem hintern Ende des Kopfes oder im Innern desselben (wie namentlich bei den Hexapoden), hier und da aber auch schon früher. Verästelungen besitzt die Aorta nur in denjenigen Arthropoden, bei denen der Circulationsapparat auch sonst eine vollständigere Entwicklung darbietet, bei den Scorpionen, Myriapoden und Decapoden. Bei diesen theilt sie sich in verschiedene Zweige, die an die Augen und die äußeren Anhänge des Kopfes treten, doch ebenfalls zuletzt mit freien Oeffnungen endigen. Schon vorher aber sind hier aus dem Hauptstamm der Aorta zwei und auch noch mehr paarige Seitenäste hervorgekommen, die den Oesophagus umfassen, um sich unter demselben in der Mittellinie wieder zu einem ansehnlichen Gefäße (art. supraspinalis) zu vereinigen, das auf der Bauchganglienkette nach hinten verläuft und an den einzelnen Nervenknoten symmetrische Seitenzweige abgibt. So wenigstens bei den Scorpionen und Tausendfüßlern. Den Decapoden fehlt diese art. supraspinalis. Die aorta cephalica ist hier überhaupt nur wenig entwickelt, das Stromgebiet derselben beschränkt und, wie wir später sehen werden, von anderen Gefäßen versorgt.

In den übrigen Arthropoden, bei denen die aorta cephalica einen einfachen und unverästelten Gefäßstamm darstellt, fehlt diese Arterie gleichfalls, doch ist hier der Mangel derselben nur ein Ausdruck der allgemeinen Degradation des Circulationsapparates. An der Stelle der art. supraspinalis sehen wir denn deßhalb auch hier beständig einen wandungslosen Blutstrom, der aus der vordern Oeffnung der Kopfaorta hervorkommt, zu den Seiten

des Oesophagus hinabsteigt und auf der Ganglienkette des Bauches nach dem Hinterleibsende zu verläuft. Zahlreiche kleinere Seitenströmchen für die einzelnen Körperanhänge nehmen aus ihm ihren Ursprung.

Die Hexapoden besitzen außer diesem einen arteriellen Hauptstrome auch noch (man vergleiche die Abbildung Fig. 141) gewöhnlich zwei andere Ströme, die in den Seiten-

Fig. 141.



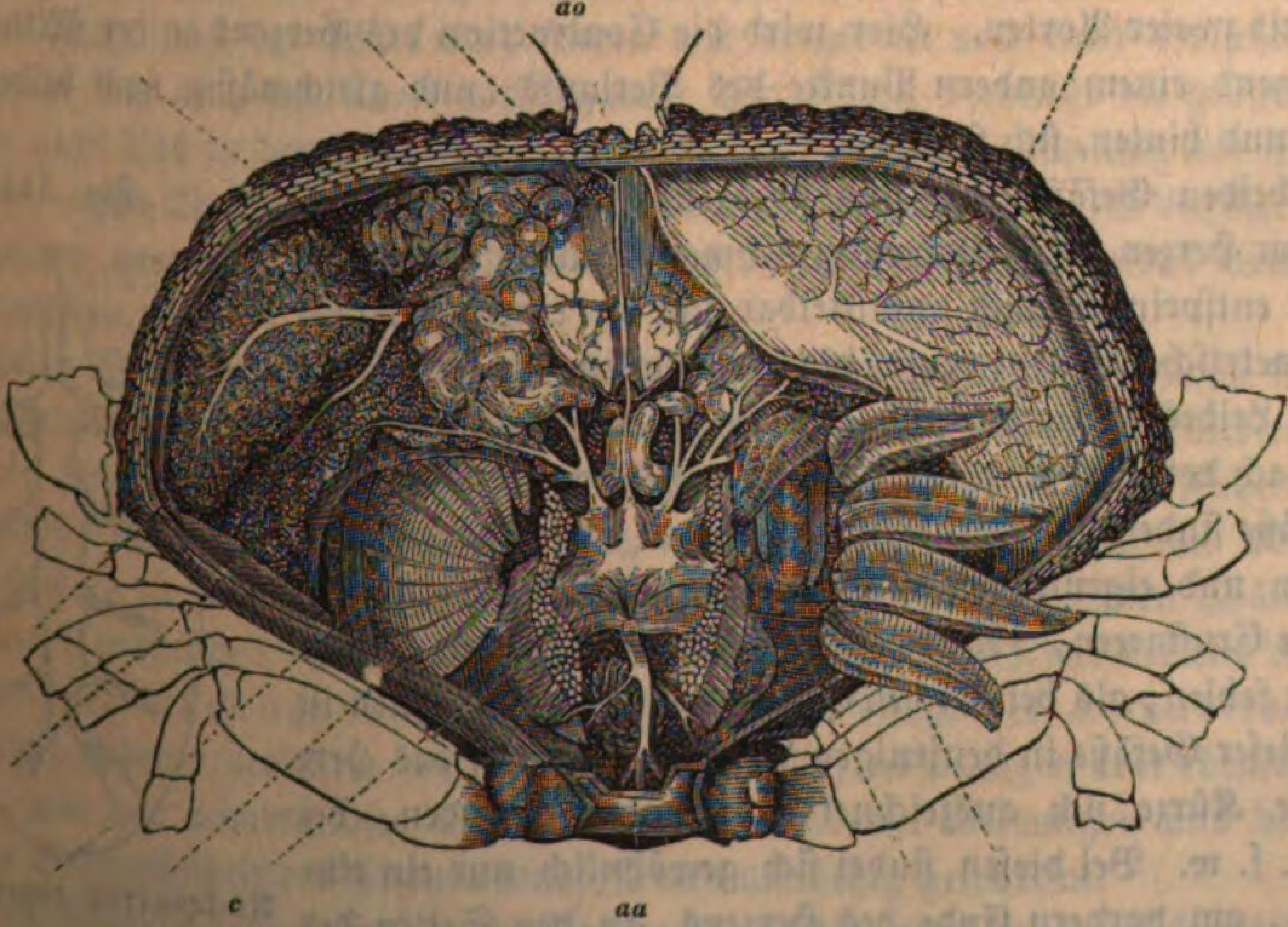
Larve von Agrion.

a Herz; *b* wandungslose Seitenströme.

theilen des Körpers, neben den großen Luftröhrenstämmen verlaufen und Ursprung wie Richtung mit dem mittlern Supraspinalstrome theilen.

Die aorta cephalica mit den davon ausgehenden freien oder in Gefäßen eingeschlossenen Strömungen findet sich bei allen Arthropoden ohne Ausnahme, ist aber keineswegs in allen die einzige Blutbahn. Wo der Körper ein Postabdomen (Schwanz) besitzt und dieses eine nur einigermaßen beträchtliche Größe hat, bei den Scorpionen und den meisten Crustaceen, ist sehr allgemein auch noch eine aorta abdominalis vorhanden, die zu der letzten sogenannten

Fig. 142.

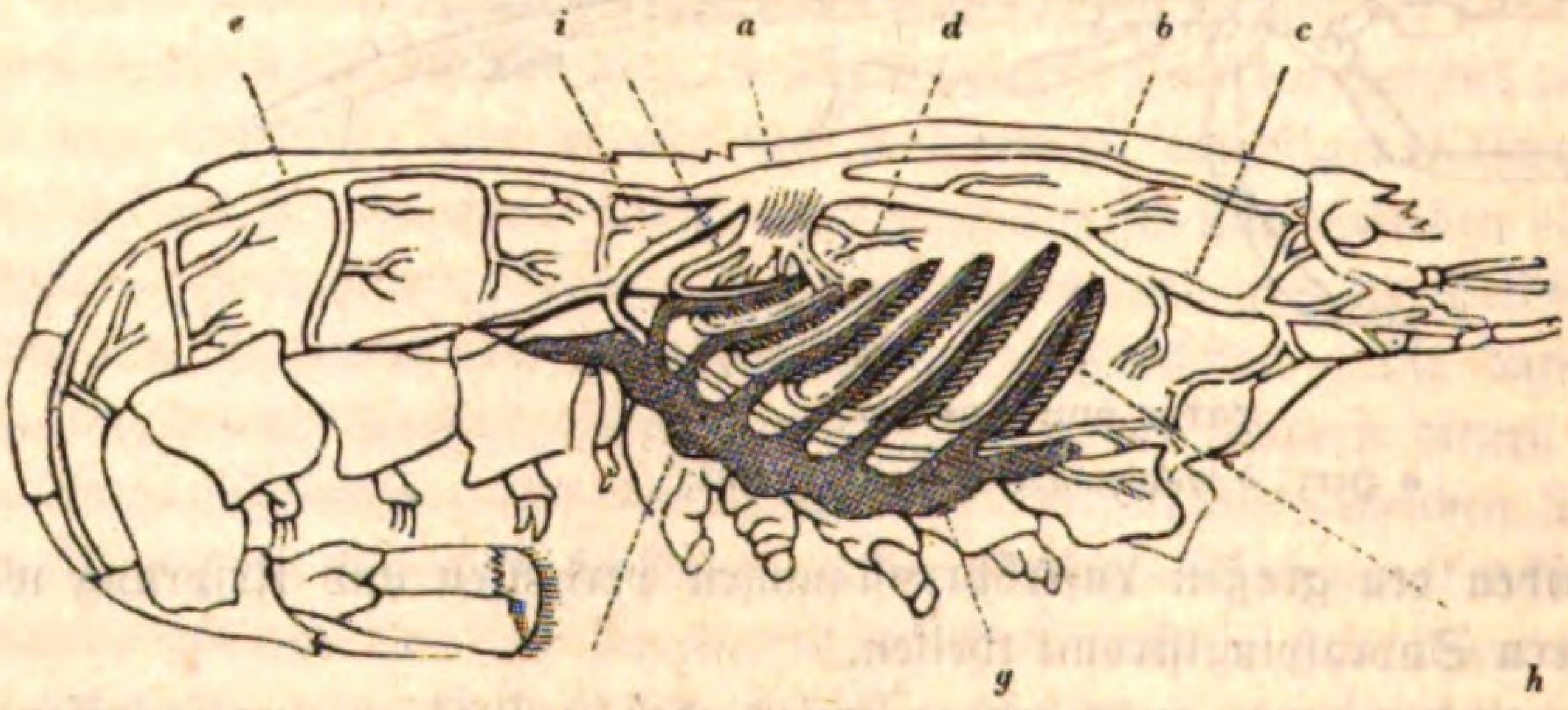


Anatomie eines Taschenkrebses.

c Herz; *ao* Aorta cephalica; *aa* Aorta abdominalis.

Kammer des Herzens in demselben Verhältniß steht, wie die Kopfaorta zu der ersten. Sie ist eine gefäßartige Fortsetzung des Herzens nach hinten, die gleichfalls in der Medianlinie des Körpers verläuft. In manchen Arten endigt sie, wie die Kopfaorta, ziemlich bald mit freier, weiter Oeffnung, ohne sich zu verästeln, obgleich sich der arterielle Strom, den sie entsendet, bis in die Spitze des Postabdomen verfolgen läßt, um die seitlichen Anhänge desselben zu versorgen. In anderen Krebsen und in den Scorpionen reicht diese aorta abdominalis bis zum hintern Leibesende. Sie entsendet dann in den einzelnen Segmenten ein Paar symmetrischer Seitenzweige für die Muskeln u. s. w. Am mächtigsten aber ist dieselbe bei den Decapoden, wo sie in zwei über einander gelegene Stämme, einen obern und einen untern, sich spaltet. Der erstere verläuft über den Magen nach hinten und begibt sich mit seinen Zweigen an die Geschlechtsorgane, den Darmkanal und die Muskulatur des Postabdomen, während der erstere ziemlich bald nach vorn sich umbiegt und die Mittellinie der Bauchfläche durchsetzt, um die symmetrischen Anhänge des vordern Körpers mit Blut zu versorgen. Sie ersetzt auf solche Weise die fehlende art. supraspinalis.

Fig. 143.



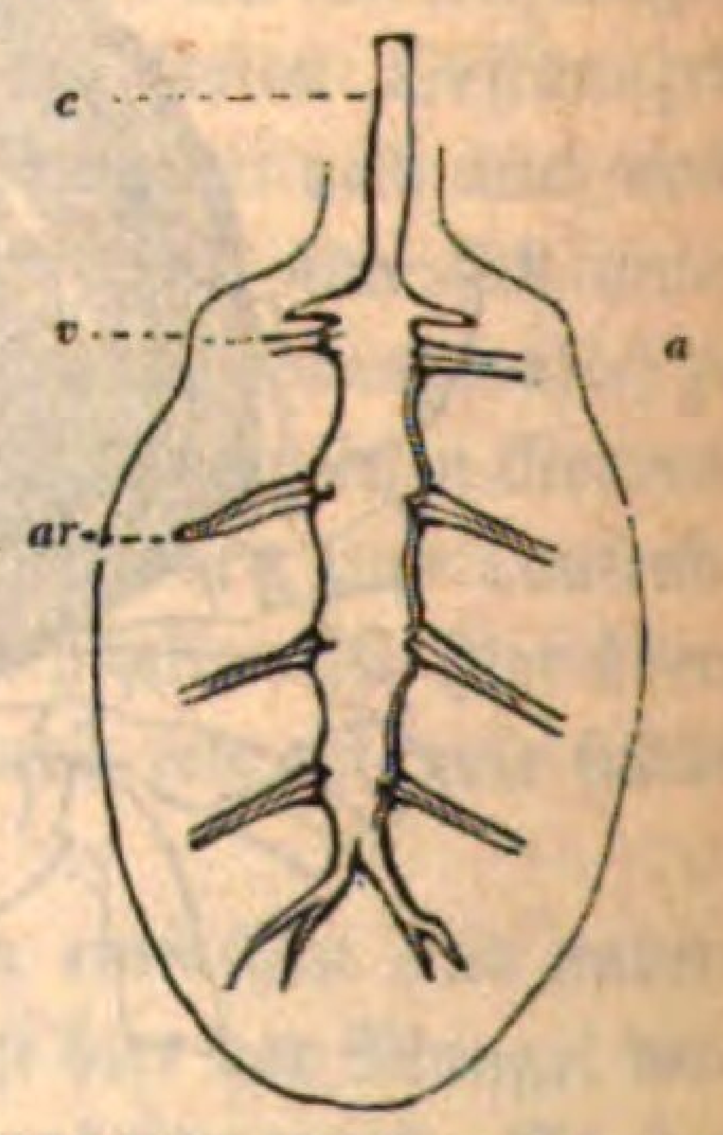
a Herz; *b* Aorta ophthalmica; *c* Aorta cephalica; *d* Arteria hepatica; *e* Aorta abdominalis superior; *f* Aorta abdom. inferior; *g* sinus subspinalis; *h* Kiemen.

Gefäßsystem des Hummers.

Wo diese aorta abdominalis bei dem Mangel des Postabdomen fehlt (bei den Insekten, Myriapoden und Araneen), da ist das hintere Ende des Herzens geschlossen. Die ganze im Innern enthaltene Blutsäule bewegt sich dann bei der Systole nach vorn. In entsprechender Weise geschieht auch die Contraction des Herzens. Sie beginnt am hintern Ende, um von da nach dem Kopfe zu fortzuschreiten. Anders aber verhält sich dieses bei der Anwesenheit zweier Aorten. Hier wird die Contraction des Herzens in der Mitte beginnen oder an irgend einem andern Punkte des Verlaufs, und gleichmäßig nach beiden Enden, nach vorn und hinten, sich fortsetzen.

Diese beiden Gefäße sind nun übrigens nicht die einzigen, die aus dem Herzen ihren Ursprung nehmen können. In manchen Fällen entspringen auch unmittelbar aus den einzelnen Kammern symmetrische Seitenzweige, die vornehmlich für die Eingeweide des Leibes bestimmt sind und in ihrer Entwicklung sich meistens nach der Größe der betreffenden Gebilde richten. Derartige Gefäße finden sich vornehmlich bei den Myriapoden, den Scorpionen und eigentlichen Spinnen, sowie bei einer großen Menge von Crustaceen, obgleich sie auch hier nicht selten eben so vollständig fehlen, als bei bei den Hexapoden. Am geringsten ist die Zahl dieser Gefäße in denjenigen Arten, in welchen das Herz durch seine Kürze sich auszeichnet, bei den Decapoden, bei Daphnia u. s. w. Bei diesen findet sich gewöhnlich nur ein einziges Paar, am vordern Ende des Herzens, zu den Seiten der Aorta cephalica.

Fig. 144.



Rückengefäß einer Spinne.

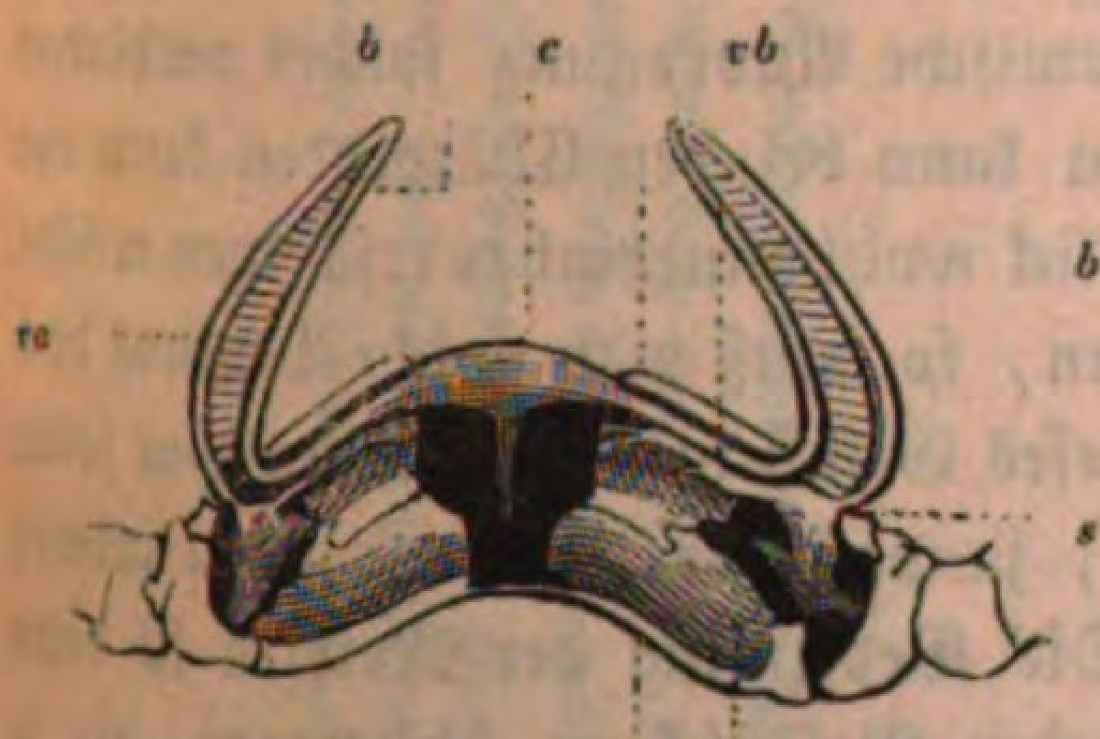
a Abdomen; *ar* Herz mit seitlichen Gefäßen; *vc* Aorta cephalica

Aus den freien Enden der Arterien ergießt sich nun das Blut bei allen Arthropoden in wandungslosen Strömen und Strömchen zwischen Muskeln und Eingeweide, bis es in das Herz zurückkehrt. Der Verlauf und die Stärke der einzelnen Blutbahnen wird durch die Lage und Anordnung der Organe bestimmt, zwischen die sie hineintreten.

Die venösen Hauptströme verlaufen in bogenförmiger Richtung von der Ventralfläche des Körpers jederseits unter den äußeren Bedeckungen nach der Rückenfläche. Die Zahl derselben richtet sich im Allgemeinen nach den Körpersegmenten, doch nicht ohne manche Unregelmäßigkeiten. Im Umkreis des Herzens vereinigen sich nun diese Ströme in einem sinuösen Raume, der eine verschiedene, bald größere, bald geringere Capacität besitzt. Aus diesem erst tritt das Blut bei jeder Diastole in die innere Höhlung des Herzens.

Bei den Arthropoden mit einem vollständiger entwickelten Gefäßsysteme finden sich außer diesem Rückensinus noch andere besondere Räume der Leibeshöhle, die in gleicher Weise als Sammelplätze für das venöse Blut dienen. Sie liegen gewöhnlich an der Bauchseite und zwar meist in der Mittellinie. In einigen Fällen sind sie von einer besondern, wenngleich unvollständigen häutigen Hülle ausgekleidet (wie auch der Rückensinus der zehnfüßigen Krebse). So namentlich bei den Scorpionen, wo man diesen Bauchsinus als eine vena subspinalis beschrieben hat, und den Decapoden, wo sich selbst drei Bauchsinus unterscheiden lassen, ein mittlerer und zwei seitliche, die übrigens vielfach unter sich zusammenhängen.

Fig. 145.



Querdurchschnitt eines Flußkrebses in der Gegend des Herzens.

b Kiemen; *c* Herz; *s* venöser Seitensinus; *va* Art. branchialis; *vb* vena branchialis.

Wie es scheint, steht die Anwesenheit dieser Sinus mit der Circulation des Blutes durch die Athmungsapparate in Zusammenhang. In ihnen sammelt sich wenigstens das Blut, bevor es durch diese hindurch geht und in das Herz zu einem neuen Kreislauf zurückkehrt.

Die Arthropoden mit einem venösen Sinus am Bauche haben eine vollständige Lungen- und Kiemencirculation. Nicht so die übrigen Arthropoden, in denen wegen der allgemeinern Verbreitung der respiratorischen Apparate in den verschiedensten Theilen des Körpers ohnehin ein ausreichender Contact zwischen der athmenden Fläche und dem Blute stattfindet.

In der Abtheilung der Würmer suchen wir vergebens nach einer typischen Uebereinstimmung in dem Bau der Kreislaufsorgane. Wir finden vielmehr die größten Verschiedenheiten nicht bloß in der Entwicklung, sondern auch in der Anordnung des Circulationsapparates — zum Theil allerdings vielleicht nur deßhalb, weil uns eine richtige Auffassung der einzelnen anatomischen und physiologischen Verhältnisse noch nicht vollständig hat gelingen wollen.

In vielen Würmern sehen wir einen vollständig geschlossenen Apparat von Gefäßen, wie bei den Wirbelthieren, in anderen vielleicht einen mehr oder minder lacunösen Kreislauf, wie bei den Krebsen, in noch anderen endlich tritt uns eine gänzliche Abwesenheit der Gefäße und circulatorischen Blutbewegung entgegen, wie bei den Pycnogoniden und Milben.

Das Erstere ist vornehmlich bei den höchst entwickelten Würmern, den Chätopoden, der Fall. Den Centraltheil des Circulationsapparates bildet dann, wie bei den Arthropoden, ein ansehnliches Rückengefäß, das durch die ganze Länge des Körpers vom Kopf bis zum Hinterleibsende verläuft, der freien venösen Klappenöffnungen aber ebenso vollständig entbehrt, wie der membranösen Seitenmuskeln. Beiderlei Bildungen sind durch die abweichende Beschaffenheit des Circulationssystemes unnöthig geworden.

Diesem Rückengefäße entspricht am Bauche der Chätopoden ein anderes mittleres Längsgefäß, das gleichfalls durch den ganzen Körper sich hin erstreckt und der art. supraspinalis

der Myriapoden u. s. w. sich vergleichen läßt. An den Enden stehen beide Gefäße in unmittelbarem Zusammenhang. Weite Queranastomosen, die ringförmig vorn und hinten den Verdauungskanal umfassen, vereinigen sie zu einem gemeinsamen System. Aehnliche, doch weit schwächere Gefäßbögen finden sich in den einzelnen Segmenten, so daß auf solche Weise in einem jeden Leibestheile eine directe Communication zwischen Rücken und Bauchgefäß hergestellt ist.

Die Contractionen des Rückengefäßes, die in regelmäßigen Intervallen auf einander folgen, treiben das Blut in gerader Richtung nach vorn, bis in die weiten bogenförmigen Commissuren, die an den Seiten des Oesophagus nach dem Bauchgefäße hinabsteigen. In diesem verläuft es in umgekehrter Richtung nach hinten, um endlich durch die hinteren Gefäßbogen wieder in den Rückenstamm zurückzukehren. Ebenso bewegt sich auch meistens das Blut in den übrigen queren Anastomosen zwischen Bauch- und Rückengefäß, obgleich die physikalischen Gesetze des Kreislaufes in ihnen auch wohl die entgegengesetzte Richtung des Blutstromes vom Rücken nach dem Bauche zulassen, wenn nicht, wie es in manchen Fällen auch wirklich der Fall ist, eine besondere anatomische Anordnung solches verhindert.

Von besonderen arteriellen und venösen Gefäßen kann bei den Chätopoden kaum eine Rede seyn. Wollte man auch, wie es auf den ersten Blick wohl annehmbar erscheinen möchte, den Ventralstamm dieser Thiere für eine Vene halten, so muß man solche Deutung doch bald wieder aufgeben, wenn man wahrnimmt, daß dieses Gefäß in vielen Fällen eben solche rhythmische Contraction zeigt, wie der Rückenstamm, ja daß der letztere sogar in anderen Fällen einer jeden activen Bewegung ermangelt. Die Bedeutung der Motoren ist dann (wie namentlich bei den Regenwürmern) den vorderen Gefäßbögen übertragen, die in mehrfacher Anzahl vorhanden sind und lebhafte Pulsationen darbieten. Ueberhaupt sind bei den Chätopoden in wechselnder Weise die verschiedenartigsten Theile des Gefäßsystemes zu selbstständigen Contractionen befähigt und im Stande, auf die Blutbewegung zu influiren. Vorzüglich sehen wir solches bei den zuführenden Kiemengefäßen, die übrigens bei der Unterscheidung eines arteriellen und venösen Systems gleichfalls keinen Ausschlag geben können, weil nämlich theils die Anordnung derselben und der Zusammenhang mit dem übrigen Circulationsapparate nach der Lage der betreffenden Athmungswerkzeuge mannichfaltig differirt, theils auch die Kiemengefäße im Ganzen einen nur unbedeutenden Einfluß auf die Gestaltung des Circulationsapparates ausüben und nach ihrem anatomischen Verhalten sich kaum in irgend einer wesentlichen Weise von den Gefäßen der übrigen Organe unterscheiden. Eine strenge Sonderung der Kiemencirculation fehlt allen Chätopoden. Das circulirende Blut ist beständig ein Gemisch von arteriellem und venösem. — Das peripherische Gefäßsystem, das an den einzelnen Theilen und Eingeweiden des Leibes sich verbreitet, wurzelt an den verschiedensten Stellen theils im Rücken-, theils auch im Bauchstamm, doch so, daß die aus beiden hervorkommenden größeren und kleineren Gefäße sich im Allgemeinen entsprechen und zusammenhängen. Durch sie wird die Möglichkeit einer neuen Communication zwischen den Gefäßstämmen des Rückens und des Bauches gegeben. Die ansehnlichsten dieser Gefäße verbreiten sich am Darm und den äußeren Bedeckungen, wo sie nicht selten zur Bildung besonderer accessorischer Längsgefäßstämme Veranlassung geben. — Das intermediäre Gefäßnetz zeigt bei den Chätopoden im Allgemeinen eine weit geringere Entwicklung und Mächtigkeit, als bei den Wirbelthieren. Eigentliche Capillaren fehlen fast vollkommen und sind sehr häufig durch eine anderweitige Anordnung der Gefäße, durch zahlreiche, mehr oder minder starke, oft knäuelartige Windungen, durch wundernetzartige Verästelungen, oder selbst durch blinde zottenförmige Ausstülpungen vertreten. Die Berührungsfläche von Blut und Geweben ist auf solche Weise beschränkter, als bei den Wirbelthieren, namentlich den Warmblütern; ein Umstand, der (wie schon erwähnt wurde) in geringerm oder größerm Maaße überhaupt bei allen Wirbellosen vorkommt und theils mit der geringern Größe dieser Thiere zusammenhängt, theils auch auf eine geringere Energie des Stoffwechsels zurückschließen läßt.

Eine besondere Erwähnung verdienen die Kiemengefäße der Würmer, theils weil die functionelle Bedeutung derselben die größte Wichtigkeit hat, theils auch, weil ihr anatomisches Verhalten nicht ohne alles Interesse ist. Bei den Rückenkiemern wurzeln diese Gefäße unmittelbar in den Längsstämmen des Bauches und Rückens, da wo die seitlichen Gefäßbögen abgehen. Sie entsprechen einander nach Anordnung und Verbreitung und leiten das Blut, wie die Gesammtbewegung dieser Flüssigkeit verlangt, vom Bauch nach dem Rücken. Die Kiemengefäße des Bauches sind contractile Kiemenarterien (oder Kiemenherzen, wenn man den Begriff des Herzens von der selbstständigen Contractilität abhängig macht), die des Rückens Kiemenvenen. Anders aber ist es bei den Capitibranchiaten. Hier bekommen die Kiemen, die am Kopfe liegen, ihre Gefäße aus dem vordern vasculösen Schlundring. Gleich nach dem Austritt desselben aus dem Rückenstamme entspringen die Kiemenarterien, die in vielen Fällen die einzigen Kiemengefäße darstellen, so daß sie auch den Rückfluß des Blutes vermitteln müssen. Die locale Concentration der Kiemen bedingt in solchen Fällen einen bestimmtern Unterschied zwischen arteriellem und venösem Blut. Man würde selbst den Rückenstamm als ein Kiemenherz bezeichnen können — um so mehr, als es sich am vordern Ende nicht selten bulbillenartig erweitert —, wenn eine vollständige Kiemencirculation stattfände.

In der speciellen Anordnung des Gefäßapparates der Chätopoden finden sich übrigens auch sonst noch viele Differenzen. Die meisten derselben reduciren sich aber auf die Bildung von accessorischen Längsstämmen, die aus den längsverlaufenden Anastomosen zwischen den einzelnen peripherischen Gefäßzweigen ihren Ursprung nehmen und je nach den Umständen bald den Nervenstamm begleiten, bald den Darmkanal, bald auch in den Seitentheilen des Leibes unter dem Muskelschlauche hinablaufen.

Neben dem Blute, das in dem eben beschriebenen völlig geschlossenen Circulationsapparate durch den Körper bewegt wird, findet sich bei den Chätopoden noch eine besondere Chylusflüssigkeit. Sie ist, wie schon oben angemerkt wurde, vollkommen frei in der Leibeshöhle enthalten, wo sie durch die Contractionen des Hautmuskelschlauches und Darmkanales in beständiger Bewegung bald einfach fluctuirend auf- und abgetrieben wird, bald auch auf regelmäßigen, manchfach zusammenhängenden Bahnen einherläuft. Die letztere Bewegung, die eine große Aehnlichkeit mit der Circulation des Blutes bei den Insekten darbietet, ist durch die räumlichen Verhältnisse hervorgerufen, wie man ganz deutlich z. B. bei jungen und durchsichtigen Embryonen von Regenwürmern beobachten kann, die namentlich im Kopfende des Leibes diese Bewegung sehr schön zeigen. Wie es übrigens scheint, beginnt die Bildung und Bewegung dieser Chylusflüssigkeit bereits sehr frühe, schon zu einer Zeit, wo in den Embryonen noch eine jede Spur des eigentlichen Gefäßsystemes fehlt. Wird dieses dann späterhin gebildet, so entsteht zuerst das Rückengefäß — ein Verhältniß, welches uns insofern wichtig ist, als wir daraus ersehen, daß dieser Theil von allen Theilen des Gefäßapparates die größte Dignität hat.

Was wir auf solche Weise bei der Entwicklung der einzelnen Individuen beobachten, liefert uns nun auch den Schlüssel zu dem richtigen Verständniß der anatomischen Anordnung bei einer ganzen Gruppe von Würmern, die den Chätopoden sehr nahe stehen. Wir meinen die Nematoden. Finden wir, wie es der Fall ist, bei diesen (wohl in Zusammenhang mit der Abwesenheit besonderer respiratorischer Gebilde) den völligen Mangel eines Gefäßsystemes, so werden wir darin jetzt nicht mehr eine typische Verschiedenheit von den Chätopoden sehen können, sondern nur ein Stehenbleiben auf einer niedern Stufe der Entwicklung.

Aehnliche Verschiedenheiten in der Ausbildung des Gefäßapparates zeigen sich auch in der Klasse der fußlosen Würmer. Auch hier treffen wir bei den einen, den Hirudineen, ein selbstständiges und geschlossenes System von Blutgefäßen, während andere Gruppen der Apoden desselben entbehren.

Der Gefäßapparat der Hirudineen stimmt mit dem der Ringelwürmer insofern überein,

als er gleichfalls aus einem Rücken- und Bauchstamm besteht, die an den Enden durch eine Anzahl von Gefäßbögen unter sich zusammenhängen. Der erstere ist contractil. Er bewegt das Blut von hinten nach vorn, bis es in den Bauchstamm gelangt und hier die entgegengesetzte Richtung annimmt. Nicht immer aber geht dieser Kreislauf ganz regelmäßig vor sich. Die Körperbewegungen, die durch abwechselndes starkes Verlängern und Verkürzen des Leibes geschehen, sind darauf nicht ohne Einfluß und rufen mancherlei Störungen hervor. Um diese zu verhüten, sind in einzelnen Arten (in denen jene Gestaltveränderungen des Körpers besonders auffallend erscheinen) im Innern des Rückengefäßes eine Anzahl von Klappen vorhanden', die durch eine passende Einrichtung die rückschreitende Bewegung des Blutes unmöglich machen.

Rücken- und Bauchstamm sind aber nicht die einzigen Gefäße der Hirudineen. Außer ihnen finden sich auch noch zwei ansehnliche Seitengefäße, die vorn und hinten bogenförmig in einander übergehen und zahlreiche Queranastomosen besitzen. Der Zusammenhang dieser Gefäße mit den vorher betrachteten ist so beschränkt, daß wir sie wohl als ein eignes gesondertes System betrachten dürfen, um so mehr als die Bewegung des Blutes darin selbstständig und unabhängig von dem eigentlichen Kreislauf vor sich geht. Die Seitenstämme haben eine besondere Contractilität, die sich aber nicht in derselben rhythmischen Weise, wie an dem Rückengefäße, äußert. Die Zusammenziehungen geschehen vielmehr in unregelmäßigen Intervallen, meist von hinten nach vorn und zwar alternirend rechts und links, so daß das Blut in beständiger Fluctuation von der einen Körperseite nach der andern begriffen ist.

Die Beziehungen dieses doppelten Circulationsapparates sind uns völlig unbekannt. Wir wissen Nichts von der specifischen Bedeutung des einen und andern, müssen jedoch wohl annehmen, daß sie in beiden eine verschiedene sey. Der Rückenstamm empfängt mehrere Gefäße, die den Darm umspinnen und wahrscheinlich die Aufsaugung des Chylus vermitteln, während das System der Seitenstämme sich vorzugsweise an den äußeren Bedeckungen verästelt. Als ein System von Lymphgefäßen dürfen wir das letztere schwerlich betrachten. Nach seiner Verbreitung scheint es weit eher dazu bestimmt zu seyn, dem Zwecke der Respiration und der Ernährung zu dienen.

Daß es gerade den physiologisch wichtigern Theil des Circulationsapparates darstelle, geht auch daraus hervor, daß es bei den Nemertinen allein vorkommt. Allerdings besitzen diese Thiere auch noch einen mittlern Dorsalstamm, aber dieser ist hier mit den Seitengefäßen vorn und hinten in directem Zusammenhang und ohne ein correspondirendes Ventralgefäß. Die Blutbewegungen scheinen bloße unregelmäßige Fluctuationen zu seyn.

In den übrigen fußlosen Würmern, den Strudelwürmern und Trematoden, fehlt das Gefäßsystem vollkommen. Man sieht freilich bei diesen Thieren zahlreiche gefäßartige Kanäle, die sich unter der Haut verästeln und eine eingeschlossene Flüssigkeit theils durch Wimpern, theils auch durch Contraction ihrer Wandungen bewegen, allein neuere Untersuchungen haben uns gezeigt, daß sich dieselben ganz allgemein nach außen öffnen. Sie bilden einen excretorischen Apparat, dessen Anordnung ein eigentliches Blutgefäßsystem um so leichter entbehren läßt, als auch bei der gleichzeitigen Verästelung des Darmkanals (S. 121) der Chylus ohne weitere Vorrichtung in die verschiedensten Theile des Körpers gelangt. Selbst ohne Gefäße wird bei solcher Anordnung die Mischung der Ernährungsflüssigkeit beständig die gleiche bleiben können, indem die verschiedenen Veränderungen derselben in allen Körpertheilen ganz gleichzeitig erfolgen und sich gegenseitig ausgleichen. Nicht einmal von einem Blute können wir bei diesen Thieren sprechen, da eine eigentliche Leibeshöhle gewöhnlich fehlt, und der Chylus, ohne sich vorher organisiren zu können, sogleich nach seiner Abscheidung aus dem Darmkanal in das Körperparenchym transsudirt.

Eine andere, sehr abweichende und merkwürdige Anordnung besitzen die mund- und darmlosen Eingeweidewürmer, zu denen die Acanthocephalen und Cestoden gehören. Wie wir schon früher gesehen haben, nehmen diese Thiere einen flüssigen Nahrungsstoff durch die ganze äußere Fläche ihres Körpers auf endosmotischem Wege in ihre Leibeshöhle auf, wo

sich derselbe zu Chylus oder Blut organisirt und durch die Contractionen des Hautmuskelschlauches auf- und abbewegt wird. Daneben besitzen diese Thiere nun aber auch noch einen besondern Gefäßapparat, der unter der Haut gelegen ist und ein geschlossenes System zu bilden scheint. Bei den Hakenwürmern besteht derselbe aus zwei verhältnißmäßig ganz ansehnlichen Seitengefäßen, die nach rechts und links zahlreiche netzförmig anastomosirende Kanäle abgeben, jedoch aller äußeren Wandungen ermangeln und als einfache Gänge in dem Parenchym des äußern Körpers eingebettet sind. Die Hautgefäße der Cestoden sind weniger deutlich, in einigen Arten (Caryophyllaeus) aber unverkennbar. Sie bilden ein zartes Gefäßnetz mit besonderen Wandungen, jedoch ohne die großen Seitenstämme der Acanthocephalen. In diesen Gefäßen circulirt nun eine besondere, von dem Inhalt der Leibeshöhle geschiedene Flüssigkeit mit kleinen Körperchen, ohne daß man einen andern Motor der Bewegung auffinden könnte, als dieselben Contractionen des Hautmuskelschlauches, welche die Fluctuationen des Blutes in der Leibeshöhle unterhalten.

Was die Bedeutung dieses Apparates betrifft, so ist es am wahrscheinlichsten, daß durch ihn die Abscheidung der excretorischen Stoffe nach Außen und die Aufnahme der Ernährungsflüssigkeit in das Innere des Körpers vermittelt werde. Wie es scheint, sind bei den Hakenwürmern zu diesem Zwecke auch noch besondere Vorrichtungen getroffen worden. Im vordern Körperende findet man wenigstens bei diesen ein Paar mehr oder minder langer bandförmiger Gebilde (lemnisci), die von der Rüsselscheide aus in die Leibeshöhle hineinhängen und von eben solchen wandungslosen Kanälen durchzogen werden, wie das Parenchym des Körperschlauches. Wenn nun diese Kanäle, wie es sehr wahrscheinlich ist, mit den letzteren zusammenhängen, so wird dadurch offenbar die absondernde Fläche derselben um ein Bedeutendes vergrößert.

Bei dem Durchtritt der Ernährungsflüssigkeit nach innen wird dieselbe auch vielleicht in passender Weise verändert. Die Art dieser etwaigen Veränderung ist freilich noch unbekannt, wie denn überhaupt der ganze Act der Nutritionserscheinungen hier noch in ein großes Dunkel gehüllt ist. *)

In den Räderthieren und Bryozoen ist die Leibeshöhle durchweg der einzige Blutbehälter. Die Bewegungen der darin eingeschlossenen Flüssigkeit, die theils durch die Zusammenziehungen des Leibes, theils auch durch die Action von Flimmercilien unterhalten werden, ersetzen einen regelmäßigen Kreislauf. Bei den Räderthieren bilden diese Cilien eine Anzahl von Büscheln, die jederseits auf einem schmalen, bandartigen Organe aufsitzen, während sie bei den Bryozoen eine gleichmäßige Bekleidung der innern Leibeswand darstellen und bis in die Tentakel sich erstrecken, die wir später in ihrer Bedeutung als respiratorische Gebilde noch näher kennen lernen werden.

Die Kreislaufsorgane der Mollusken zeigen in ihrer Entwicklung einige Aehnlichkeit mit denen der Arthropoden. Sie bestehen, gleich diesen, aus einem unvollständigen Gefäßapparate mit einem contractilen herzartigen Centralorgane.

Der arterielle Theil dieses Apparates ist von allen der constanteste und auch am vollständigsten entwickelt, jedoch nicht überall in gleicher Weise. Die Capillaren fehlen beständig. Auch die Venen sind in geringerer und größerer Ausdehnung durch wandungslose Kanäle vertreten und mit der Leibeshöhle in Zusammenhang, die einen verschieden geräumigen, einfachen oder mehrfach abgetheilten Sinus darstellt. Nach dem Grade der Entwicklung

*) Nach neueren Untersuchungen sind die Längskanäle der Cestoden — die wir hier (vergl. auch S. 121) als blutführende Leibeshöhle gedeutet haben — Gebilde von ganz anderer Bedeutung und dem vorher erwähnten Excretionsorgane der Trematoden vergleichbar. In dem sog. Kopfe der Cestoden, der anfangs der Glieder entbehrt — d. h. ohne die spätere Brut von geschlechtlich entwickelten Einzelthieren ist (s. das Kap. von der Entwicklung) — sollen dieselben durch Hülfe einer besondern contractilen Blase nach außen münden. Ebenso soll es bei den einzelnen losgelösten Gliedern der Fall seyn, nur daß hier jene Blase fehlt und jeder Kanal besonders ausmündet.

bietet nun übrigens der Gefäßapparat der Mollusken, wie schon vorauszusehen ist, zahlreiche Verschiedenheiten, die zum großen Theil mit anderweitigen Organisationsverhältnissen nachweislich zusammenhängen. So gilt auch hier namentlich das Gesetz, daß die Vollständigkeit des Gefäßapparates nach der Entwicklung der Respirationsorgane sich richte. Wo die letzteren als besondere Theile fehlen, wie bei einer Anzahl nackter Seeschnecken (den sog. Apneusten oder Phlebenteraten), wo dann die gesammte äußere Haut als Athmungsorgan functionirt, da findet sich in der Regel von dem Gefäßapparate nur noch das Herz, das die in der Leibeshöhle enthaltene Blutflüssigkeit in Bewegung setzt, und sogar dieses nicht einmal in allen Fällen. Eine Degradation des Gefäßapparates ist hier übrigens um so eher möglich, als bei diesen Thieren auch (vgl. S. 126) der Darm sich verästelt und mit seinen Aesten sich in die verschiedensten Theile der Leibeshöhle hinein erstreckt.

Auch die Größe des Körpers ist von Einfluß auf die Entwicklung des Circulationsapparates. Nicht bloß, daß wir dieses bei den eben genannten Arten sehen, die durchschnittlich den kleineren Mollusken zugehören; es ist dasselbe auch bei den Tunikaten, namentlich den Ascidien wahrzunehmen, bei denen die kleinen (in Colonien zusammen wohnenden) Arten gleichfalls ein bloßes Herz besitzen, während den größeren Arten, die sonst damit völlig übereinstimmen, daneben noch ein mehr oder minder ausgebreitetes arterielles System zukommt.

Alle diese genannten Verhältnisse influiren nun allerdings auf die specielle Entwicklung des Circulationsapparates hier, wie überall, allein den wirklichen Grund für die Unvollständigkeit des Gefäßsystemes können sie um so weniger enthalten, als wir ja sehen, daß die größere Mehrzahl der Mollusken ebensowohl besondere Respirationsorgane, als auch einen einfachen Darm, wie die Wirbelthiere, besitzen. Wenn wir überhaupt die Frage nach dem Warum jener Einrichtung aufwerfen wollen, so müssen wir uns einstweilen mit der Antwort begnügen, daß dieselbe für die speciellen Lebensäußerungen der Mollusken nicht bloß vollkommen ansreiche, sondern auch gerade die passendste sey. Die Anforderungen des Stoffwechsels machen hier eine andere, mehr zusammengesetzte Bildung des Gefäßapparates unnöthig.

Das Herz der Mollusken liegt beständig im Abdomen und zwar an der Rückenfläche, unter den äußeren Bedeckungen, bisweilen (Cephalophoren) in einer besondern kleinen Höhle. In der Mehrzahl der Fälle bewahrt es, als ein unpaares Gebilde, seine Lage in der Mittellinie. Nur bei den Gasteropoden, die auch sonst in vieler Hinsicht eine asymmetrische Bildung des Körpers zeigen, rückt es häufig auf die eine oder andere Körperseite und zwar beständig in die Nähe der Athmungsorgane, die meist rechts gelegen sind. Die Brachiopoden besitzen abweichender Weise zwei Herzen, ein rechtes und ein linkes, die durch einen kleinen Zwischenraum von einander getrennt sind. In allen übrigen Mollusken ist ein einfaches Herz vorhanden, das übrigens, sonderbar genug, bei den meisten Blattkiemern und einigen wenigen Gasteropoden von dem Mastdarm durchbohrt wird, ohne daß natürlich sonst ein Zusammenhang zwischen diesen beiden Gebilden stattfindet. — Die Hauptmasse des Herzens, das von einem zarten Pericardium umhüllt ist, sobald es nicht den einzigen Theil des Gefäßapparates bildet, besteht aus einem muskulösen, ziemlich dickwandigen Ventrikel, der gewöhnlich einen kurzen sack- oder birnförmigen Schlauch darstellt und nur bei den Tunicaten eine gestrecktere, fast gefäßartige Form hat. Außer dem Ventrikel besitzt das Herz aber auch noch einen Vorhof, durch den das Blut aus dem Körper eintritt. Bei den Cephalopoden und den Lamellibranchiaten, die meist vollkommen symmetrisch gebaut sind, ist derselbe doppelt, rechts

Fig. 146.



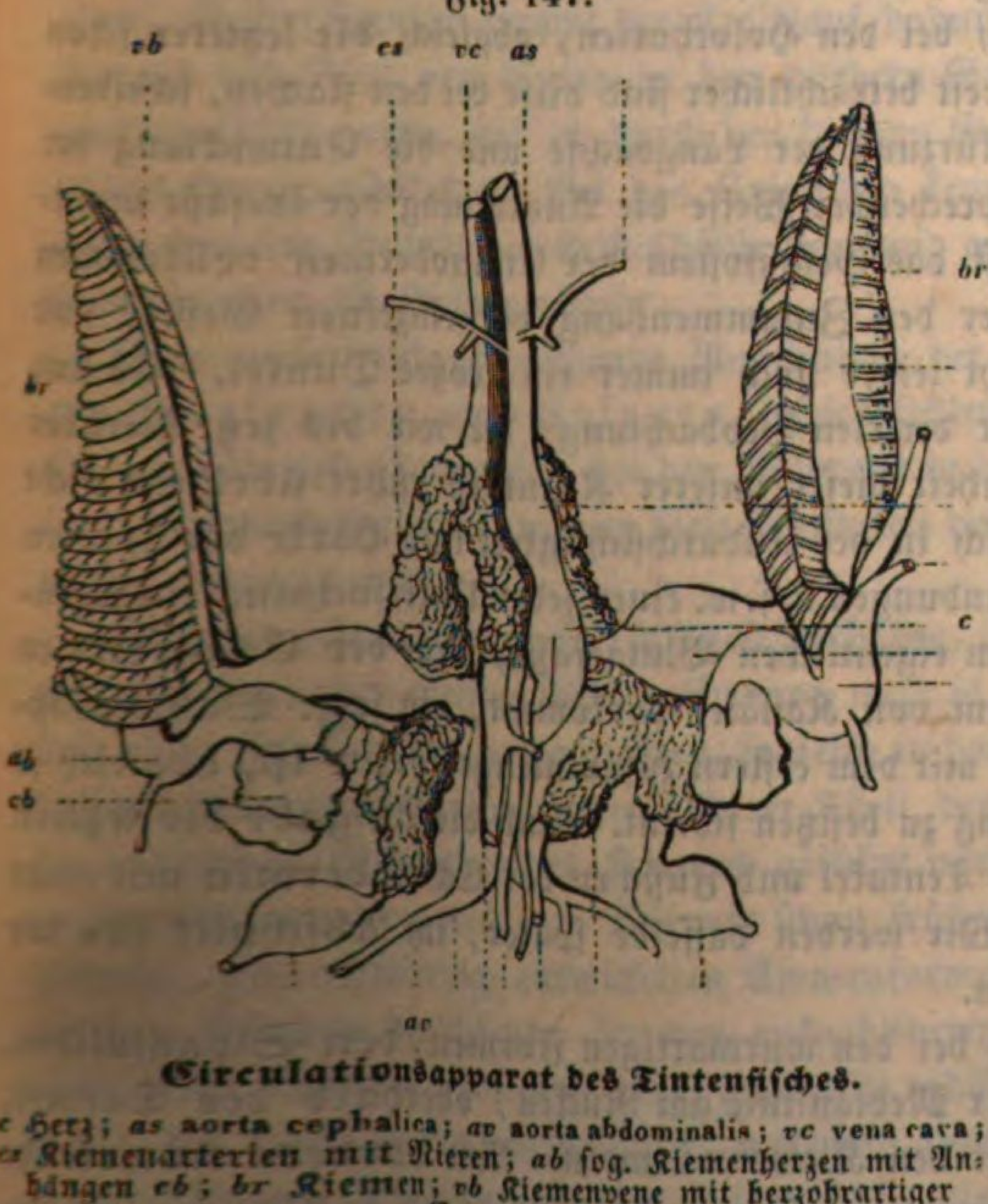
Anatomie der Gartenschnecke.
h Herz mit Vorhof und Herzbeutel; *ar* arteria visceralis; *ap* vena pulmonalis.

und links neben dem Ventrikel gelegen. Die Gasteropoden dagegen besitzen (mit Ausnahme derjenigen Arten, deren Ventrikel im Umkreise des Mastdarms liegt) einen einfachen Vorhof, der gewöhnlich das vordere Ende des Herzens einnimmt, wenigstens dann, wenn die Hauptmasse des Körpers, die von dem Blute versorgt werden soll, hinter dem Herzen liegt. Auch die Brachiopoden haben an jedem Herzen einen einfachen Vorhof, während dagegen die Tunicaten desselben entbehren.

An der Grenze zwischen Vorhof und Ventrikel, die durch eine starke ringförmige Einschnürung ausgezeichnet ist, befindet sich in der Regel ein Apparat von einfachen halbmondförmigen Klappen, um bei der Contraction des Ventrikels den Rücktritt des Blutes zu verhindern. Bei den Gasteropoden nimmt aus der Spitze des Ventrikels, der Einmündungsstelle des Vorhofes gegenüber, eine einfache Aorta ihren Ursprung, die aber sehr bald in zwei Stämme sich spaltet, von denen der eine den Hautmuskelschlauch versorgt, während der andere zu den Eingeweiden geht. Die Cephalopoden besitzen außer einer dem eben genannten Gefäße entsprechenden Aorta anterior auch noch eine schwächere A. posterior für die hinteren Körpertheile. Auch bei den Lamellibranchiaten und Tunicaten entspringt aus dem vordern und hintern Ende des Ventrikels in gleicher Weise ein Aortenstamm.

Die Arterien, die aus den Aortenstämmen hervorkommen, verzweigen sich nun je nach der Größe und Gestalt der einzelnen Organe, die sie versorgen, in dieser oder jener Weise. Darin aber stimmen sie alle überein, daß sie nach kürzerm oder längerm Verlauf mit offenen Mündungen aufhören, indem ihre Wandungen allmälig mit den membranösen Theilen der einzelnen Organe verschmelzen. Hierdurch gelangt nun das Blut aus den Arterienzweigen in die Zwischenräume des Körperparenchyms, in wandungslose Kanäle, die sich früher oder später in die Leibeshöhle einsenken, mitunter aber auch, namentlich bei den Cephalopoden, mit eigenen Gefäßhäuten versehen sind. — Bei den Lamellibranchiaten bildet die Leibeshöhle einen doppelten Sinus, an der Wurzel der Kiemen, einen rechten und linken, die aber in manchen Fällen unter einander zusammenhängen. — Aus der Leibeshöhle, in der das venöse Blut sich sammelt und mit dem Chylus mischt, tritt dann die Ernährungsflüssigkeit in die Respirations-Organe. Ein mehr oder minder langer venöser Gang, der bei den Cephalopoden gleichfalls von einer eignen Wandung umgeben ist (Hohlvene) und in eine rechte und linke Kiemenarterie sich spaltet, dient dabei als Leitungsapparat. Für die Fortbewegung des Blutes nach den Kiemen sind gewiß die Contractionen des Hautmuskelschlauches von bedeutendem Einfluß. Den Cephalopoden hat man früherhin auch noch ein Paar besonderer Kiemenherzen zugeschrieben. Diese bestehen aus einer ovalen Anschwellung der Kiemenarterien, von einer violetten oder röthlichen Färbung, die ein schwammiges, aus Zellen zusammengesetztes Gefüge hat, der Muskelfasern aber gänzlich entbehrt und deßhalb denn auch wohl schwerlich als Propulsionsorgan fungiren kann. Es scheint viel wahrscheinlicher, daß diese Gebilde Drüsen

Fig. 147.

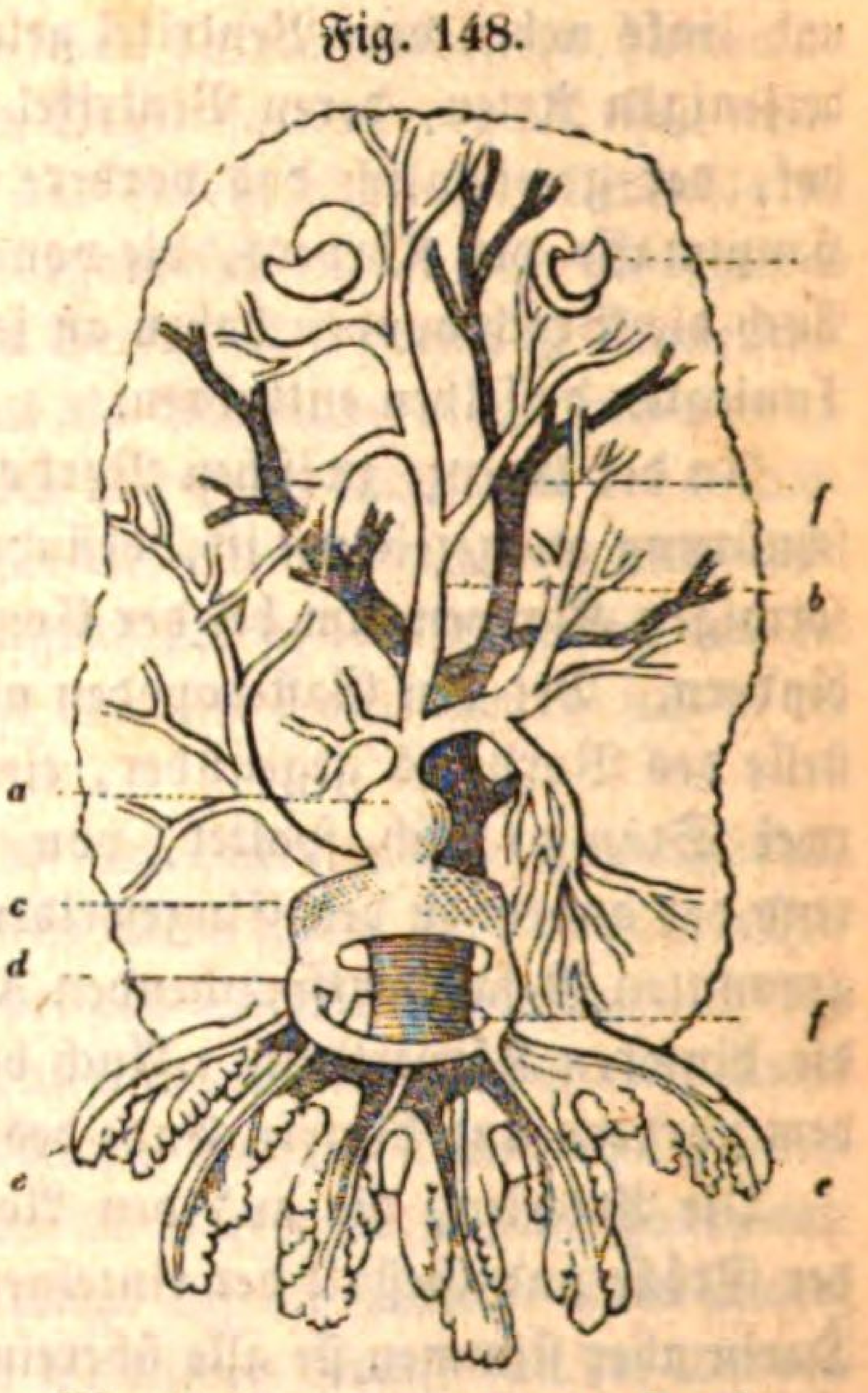


Circulationsapparat des Tintenfisches.

c Herz; *as* aorta cephalica; *av* aorta abdominalis; *vc* vena cava; *es* Kiemenarterien mit Nieren; *ab* sog. Kiemenherzen mit Anhängen *cb*; *br* Kiemen; *vb* Kiemenvene mit herzohrartiger Erweiterung.

sind, vielleicht den sog. Blutdrüsen der Wirbelthiere verwandt. Die Respirationsorgane der Mollusken besitzen sehr allgemein ein besonderes, zusammenhängendes Gefäßnetz, Arterien, Venen und sogar, wie es scheint, ein zwischen diesen beiden eingeschobenes System von Capillaren. Die Venen führen durch einen einfachen oder doppelten Stamm in den Vorhof. Nur die Tunikaten entbehren der Kiemenvene, wie des Vorhofes. Hier gelangt das Blut aus den Respirationsorganen wiederum in die Leibeshöhle und von da durch wandungslose Räume in das eine Ende des Herzens. Damit mag es im Zusammenhang stehen, daß der Kreislauf dieser Thiere eine veränderliche Richtung besitzt, bald nach der einen, bald nach der andern Seite hin erfolgt, je nachdem das Herz von diesem oder jenem Ende seine Contractionen beginnt. Eine solche merkwürdige Umkehrung der Blutströmung, die sonst bei Anwesenheit des Herzens nirgends vorkommt, während sie da, wo das Blut der Gefäße vollkommen entbehrt und die Leibeshöhle erfüllt, sehr allgemein, je nach der Zusammenziehung des Hautmuskelschlauches, stattfindet, ist übrigens natürlicher Weise nur durch den Mangel aller Klappen in dem Herzen möglich, die sonst, wie oben angeführt wurde, zwischen Ventrikel und Vorhof, mitunter auch am Ursprunge der Aorta vorkommen und zur Regulirung des Kreislaufes dienen.

Fig. 148.



Circulationsapparat von Doris.

a Herzventrikel; *b* aorta cephalica; *c* Vorhof; *d* Kiemenvene; *e* Kiemen; *f* vena cava.

So wie die Mollusken durch die Entwicklung ihrer Circulationsapparate einigermaßen an die Arthropoden erinnern, ebenso schließen sich die Echinodermen dadurch, und in einem noch höhern Grade, an die Ringelwürmer an. Am deutlichsten ist dieses bei den langgestreckten Sipunculiden, selbst noch bei den Holothurien, obgleich die letzteren schon größere Abweichungen darbieten. Noch weit beträchtlicher sind diese bei den flachen, scheibenförmigen Arten, wo natürlich die Verkürzung der Längsachse und die Entwicklung der strahlenförmigen Körperanhänge in entsprechender Weise die Anordnung der Gefäße umgestalten mußte. In allen Fällen aber ist das Gefäßsystem der Echinodermen vollkommen geschlossen, wie das der Anneliden. Ueber den Zusammenhang der einzelnen Gefäße und den Mechanismus des Kreislaufes herrscht leider noch immer ein großes Dunkel. Es sind mehr Vermuthungen, als Resultate der directen Beobachtung, die wir bis jetzt hierüber aussprechen können. Die Unvollkommenheit dieser unserer Kenntniß rührt übrigens nicht bloß von den Schwierigkeiten her, die sich in der Undurchsichtigkeit und Härte der äußeren Bedeckungen, in der Zartheit der Gefäßwandungen u. s. w. einer jeden Untersuchung entgegenstellen, sondern auch daher, daß außer dem eigentlichen Blutgefäßapparat der Echinodermen auch noch ein anderes gefäßartiges System von Kanälen vorkommt, ein sog. Wassergefäßsystem, das von den Beobachtern vielfach mit dem erstern zusammengeworfen ist, obgleich es damit keinen unmittelbaren Zusammenhang zu besitzen scheint. Auch die Aufgabe des letztern ist eine ganz andere. Es dient dazu, die Tentakel und Füßchen der Echinodermen mit einer Flüssigkeit zu füllen und auszudehnen. Wir werden dasselbe später, im Abschnitt von der Bewegung, näher zu berücksichtigen haben.

Das eigentliche Blutgefäßsystem wird bei den wurmartigen Formen, den Sipunculiden, aus zwei Längsgefäßen gebildet, die in der Medianlinie am Rücken, oberhalb des Darmes, und am Bauche verlaufen, ganz wie bei den Kiemenwürmern. Am vordern Körperende stehen beide durch einen einfachen Gefäßring in Zusammenhang, während zahlreiche symme-

trische Seitenäste, die durch ihre Verzweigungen gleichfalls communiciren, am Darme sich verbreiten. Die Verbindung der hinteren Gefäßenden ist bei Anwesenheit von besonderen inneren Kiemen durch eigene Kiemengefäße vermittelt, durch Kiemenarterien, die aus dem Bauchstamm hervorkommen, und Kiemenvenen, die sich in's Rückengefäß einsenken. Das Rückengefäß hat wahrscheinlich, wie bei den Anneliden, die Bedeutung eines Propulsionsorganes und treibt das Blut, welches aus den Kiemen kommt, von hinten nach vorn, während es durch das Bauchgefäß in umgekehrter Richtung geleitet wird.

Ganz ähnlich ist das nutritive Gefäßsystem der Holothurien, nur darin verschieden, daß wegen der größern Länge des Darmes die beiden Gefäße, die denselben begleiten, ihre Lage in der Mittellinie und ihren einfachen geraden Verlauf von hinten nach vorn verloren haben. Eine Folge davon ist es, das zwischen dem auf- und absteigenden Schenkel des Rückengefäßes eine quere Anastomose sich findet, die offenbar den Zweck hat, das arterielle Blut, welches aus den Kiemen in das Rückengefäß zurückkehrt, auf einem kürzern und schnellern Wege in den Vordertheil des Leibes zu bringen. In Uebereinstimmung mit der größern Entwicklung der Kiemen haben die Gefäße derselben gleichfalls eine beträchtlichere Größe und Verbreitung. Sie stehen auch nicht mehr mit den hinteren Enden der centralen Längsstämme in Zusammenhang, sondern entspringen weiter vorn aus denselben.

Bei den Seesternen und Seeigeln findet sich, wie es scheint, von diesen zwei Längsstämmen nur noch der eine, der in dem einen Interradialraum von der After- zur Mundfläche (von hinten nach vorn) verläuft und in seiner ganzen Länge (bei den platten Seesternen) oder in seinem vordern Dritttheil (bei den runden Seeigeln) zu einem muskulösen schlauchartigen Herzen geworden ist. Er entspricht offenbar dem dorsalen Stamme der Holothurien und Würmer und rechtfertigt dadurch die Annahme, daß seine Lage auch hier die Rückenfläche charakterisire. Das vordere und hintere Ende dieses Gefäßes steht mit einem Gefäßringe in Zusammenhang. Der vordere umfaßt den Schlund, der hintere den Afterdarm. Aus beiden entspringt eine Anzahl (5, 10 u. s. w.) radialer, gleichmäßig entwickelter Gefäße, die an die Eingeweide und Ambulacralbläschen gehen und sich hier verzweigen. Den Gefäßen des vordern Gefäßringes entsprechen ähnliche Gefäße an dem hintern, die mit jenen communiciren. Wahrscheinlich kommt der Kreislauf dadurch zu Stande, daß die Contractionen des Herzens das Blut von hinten in den vordern Gefäßring treiben, aus dem es im Körper umhergeführt wird, bis es durch den hintern Gefäßring, der dann also venöser Natur ist, in das Herz zurückkehrt. Bei den Crinoiden kennt man bis jetzt nur das schlauchförmige Herz, das im Grunde der Leibeshöhle liegt und an die Arme, Cirren und den Stiel, wenn er vorhanden ist, Gefäße abgibt.

Eine wesentlich abweichende Anordnung der circulatorischen Apparate finden wir bei den Acalephen und Polypen. Hier fehlen alle Blutgefäße. Die Leibeshöhle, die sich gewöhnlich (namentlich bei den Polypen) in die Tentakel fortsetzt, ist der einzige Blut- (oder Chylus-)behälter, in dem diese Flüssigkeit durch ein sehr entwickeltes Flimmerepithelium umher bewegt wird.

Wie wir schon früher (S. 130) gesehen haben, ist diese Höhle zugleich Verdauungsapparat, wenigstens in den meisten Fällen. Dadurch wird es sehr wahrscheinlich, daß ein Theil des Chylus, ohne sich vorher zu organisiren, sogleich in das Körperparenchym transsudirt. Was in der Leibeshöhle zurückbleibt, ist ein anderer Theil, der dann durch das Flimmerepithelium bis in die äußersten Regionen des Körpers geführt wird, die nicht unmittelbar mit dem Chymus in Berührung kommen. — Wie wir schon früher gesehen, bildet die Leibeshöhle bei den kleinen, unvollständig entwickelten Ammenformen der Akalephen einen einfachen Schlauch, der den Körper durchsetzt. In den ausgebildeten Medusen und Polypen ist dieselbe aber nicht mehr einfach, sondern durch zahlreiche radiäre Erhebungen der peripherischen Körpermasse, die nach innen vorspringen, mehrfach abgetheilt. Die räumliche Entwicklung dieser peripherischen Abtheilungen der Leibeshöhle zeigt übrigens manche Verschiedenheiten: bei

den Polypen sind dieselben weite Taschen, bei den Medusen gewöhnlich enge kanalförmige Gänge, die gefäßartig von dem Mittelpunkte des Körpers ausstrahlen und nicht selten in der Peripherie sich manchfach verästeln. Nehmen wir an, daß die jedesmalige Körpermasse eines Polypen oder einer Meduse durch die speciellen Lebensäußerungen (Muskelbewegung u. s. w.) bedingt sey, so wird die Bedeutung dieser Anordnung nicht länger unbekannt bleiben. Sie erscheint dann als ein sehr einfaches Mittel, dem Blute eine größere Contactfläche mit dem Körperparenchym zu verschaffen, so groß, wie sie den Anforderungen des Stoffwechsels entspricht.

Aus diesem Grunde zeigen auch wohl die frei beweglichen Medusen eine größere Oberfläche der Leibeshöhle, als die trägen, festsitzenden Polypen, und unter den letzteren die großen Actinien z. B., bei denen sehr zahlreiche peripherische Erhebungen (Scheidewände) der Körpermasse vorkommen, wiederum eine größere, als die kleinen Polypen einer Seefeder u. s. w. — Bei den in Colonieen zusammen wohnenden Polypen (ebenso auch bei den Tunicaten und Bryozoen, die zu Thierstöcken vereinigt sind) communiciren die Leibeshöhlen der einzelnen Individuen, damit die nutritiven Bedürfnisse in allen auf gleiche Weise befriedigt werden können. Gewinn und Verlust der einzelnen müssen sich bei solcher Anordnung gleichmäßig über die ganze Colonie vertheilen. Aus demselben Grunde sind die einzelnen radialen Ausstrahlungen der Leibeshöhle bei den Akalephen durch einen gemeinsamen Randkanal oder auch wohl durch Anastomosen unter einander in einen Zusammenhang gesetzt, der auf schnellere Weise eine Mischung der einzelnen Bluttheilchen aus den verschiedenen Regionen des Körpers und eine Compensation der einzelnen Veränderungen des Blutes gestattet, als die ausschließliche Communication derselben in dem centralen Leibeshöhlenraum, welcher allerdings für die Polypen ausreichen mag, da die peripherischen Anhänge der Leibeshöhle hier nur sehr wenig tief sind.

Ueber den Mangel der Circulation und des Blutes bei den Protozoen ist schon oben das Nöthige gesagt worden. Er ist die Folge von der Kleinheit und der Gleichmäßigkeit der Organisation bei diesen Thieren. Die endosmotischen Veränderungen der Parenchymaflüssigkeit sind hinreichend, den Stoffwechsel zu unterhalten.

Einen gewissen Ersatz für die Circulation bieten bei den Infusorien und Rhizopoden, welche feste Nahrungsmittel in das Innere des Körpers aufnehmen, die rotirenden Bewegungen der genossenen Substanzen, die durch die abwechselnden Contractionen des Körperparenchyms hervorgerufen werden. Sie sind allerdings nur langsam, bringen die Nahrungsstoffe aber dennoch mit den verschiedensten Stellen der Leibesmasse in Berührung, in ähnlicher Weise, wie es bei anderen Thieren (Strudelwürmern u. s. w.) durch die Verästelungen des Darmes geschieht. In den Gregarinen, die, gleich den Bandwürmern und Hakenwürmern, durch die ganze Körperoberfläche die Nahrung aufnehmen, sind solche Bewegungen des Chymus unnöthig geworden. Das Körperparenchym konnte deßhalb auch eine andere Beschaffenheit annehmen. Es besteht aus einer feinkörnigen Masse, während es sonst bei den Protozoen durch eine zusammenhängende, eigenthümlich contractile Substanz gebildet ist. Die merkwürdigen contractilen Räume im Innern der Infusorien, die man öfters für herzartige Organe gehalten hat, können auf die endosmotischen Strömungen der Gewebeflüssigkeit keinen Einfluß ausüben. Eine mechanische Bewegung ist ja nur bei einer isolirten Flüssigkeit möglich, und diese fehlt im Körper der Protozoen. Offenbar haben diese Gebilde eine andere Bedeutung. Sie münden wahrscheinlich*) nach außen und erinnern dadurch an die excretorischen Gefäßapparate der Strudelwürmer, denen die Infusorien überhaupt in mehrfacher anderer Beziehung nahe zu stehen scheinen.

---

*) So nach der Angabe von Schmidt (Vergl. Anat. S. 220), die wir allerdings noch nicht bestätigen können, die sich aber aus theoretischen Gründen sehr empfiehlt.

III. Von den Ausscheidungen und ihren Organen, namentlich den Drüsen, sowie über die Drüsen im Allgemeinen.

Der Inhalt dieses Abschnittes schließt sich genau an den folgenden an, insofern in beiden von der Ausleerung derjenigen Stoffe zu handeln seyn wird, welche aus der Zersetzung im Thiere hervorgehen. Die Ausscheidungen in den Respirationswerkzeugen finden in den Ausscheidungen der übrigen Secretionsorgane ihre Ergänzungen. Namentlich sind es die harnbereitenden Nieren, die mit den Athmungsorganen zusammen den Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff der Nahrungsmittel, sowie auch den in der Athmung selbst aufgenommenen Sauerstoff in der Form theils von stickstoffhaltigen Harnbestandtheilen, theils von Kohlensäure und Wasser auszuleeren vermögen, nachdem übrigens (wenigstens für einen Theil dieser Stoffe) eine Verwendung des Nahrungsmaterials zu den Bestandtheilen des Körpers voraufging. Neben den Absonderungsprodukten der Nieren und Respirationsorgane ziehen aber noch gewisse andere Ausleerungen unsere Aufmerksamkeit auf sich, welche namentlich durch die Haut, theils vermittelst besonderer Drüsenapparate, theils ohne diese, vor sich gehen. Wir sehen uns ferner genöthigt, wenn wir die Ausleerungen des Körpers betrachten, auch die Darmentleerung nochmals zu erwähnen, welche ja außer den Nahrungsresten auch aus Gallenbestandtheilen und Produkten der Darmschleimhaut zusammengesetzt sind. Daher scheint es denn auch hier ein geeigneter Ort zu seyn, um einige allgemeine Bemerkungen über die sogenannten Abscheidungen und die Organe, welche damit beauftragt sind, die Drüsen, einzuschalten; Bemerkungen, welche sich ebensowohl auf manche schon bei Gelegenheit des Darmes erwähnte Drüsen, als auf diejenigen beziehen, welche jetzt zunächst uns beschäftigen, und andere, deren später Erwähnung zu thun seyn wird, wie die Drüsen des Geschlechtsapparates u. s. w.

Das Blut, die Ernährungsflüssigkeit im Körper, ist die gemeinsame Quelle, aus welcher alle diese abscheidenden Organe schöpfen, ebensowohl, wie alle Gewebtheile des Körpers daraus gebildet werden. Eben wie bei der Ernährung, ist auch bei der Absonderung der nothwendige erste Schritt, daß aufgelöste Blutbestandtheile die Wandungen des Blutgefäßsystemes, insoweit ein solches vorhanden ist, durchdringen. Während nun aber im Falle der Ernährung es uns begreiflich scheint, daß ein einmal gebildeter Gewebtheil fortwährend ähnliche Theilchen anzieht, um sich daraus zu ergänzen, wie der gebildete Krystall aus der Lösung, in welcher er entstand, neue Theile an sich zieht, so fehlt uns für die Ausscheidungen, wenigstens großen Theils, ein ähnlicher Angriffspunkt des Verständnisses. Manche Ausscheidungen sind wesentlich Flüssigkeiten, welche stets an bestimmten Stellen aus den Blutgefäßen hervorquellen. Die nächste Ursache davon ist uns dunkel; die anatomischen Kenntnisse über den Bau der Drüsen mögen vielleicht einst zu einem genauern Begreifen der Ausscheidungsvorgänge wesentlich beitragen, für jetzt darf man von einer Erörterung des Baues der Abscheidungsorgane nur erwarten, daß sie unsere Vorstellungen über das Wie? des Processes von manchen falschen Wegen ableite, hie und da auch allenfalls zu einer leidlichen Vermuthung Veranlassung gebe. — Betrachten wir die Abscheidung in ihrem einfachsten Auftreten, so sehen wir, daß Flüssigkeiten, dem Blute entstammend, aus freien Flächen hervortreten, wo auch immer diese die saftreiche thierische Substanz begrenzen mögen. Das zeigt sich in größter Einfachheit an den Häuten, mit welchen so vielfach die Eingeweide im Körper der Thiere und die Wandungen der Körperhöhlen bekleidet sind, an den sogenannten serösen Häuten. Auch die Epidermis des Körpers läßt wenigstens Wasserdunst von ihrer Oberfläche aufsteigen, welcher seine Quelle im Blute haben muß. Diese Möglichkeit, aus der Ernährungsflüssigkeit gewisse Bestandtheile in flüssiger Form an einer Fläche hervortreten zu lassen, wird nun im thierischen Körper auf mancherlei Weise und zu mancherlei besonderen Zwecken benutzt. Als die wichtigsten Zwecke, welche durch solche Abscheidungen erreicht werden, können wir folgende bezeichnen. Entweder muß

1) eine Substanz aus dem Blute entfernt werden, weil ihr Verweilen in demselben schädliche Folgen haben würde. Dahin gehört die Harnabsonderung und wohl theilweise die Gallenabsonderung; oder

2) es ist irgend ein Blutbestandtheil oder ein Gemenge von solchen, an bestimmten Orten im oder am Körper zu Erreichung bestimmter Zwecke erforderlich, und es beziehen sich diese Zwecke entweder

a) unmittelbar auf die Erhaltung des Individuums oder

b) auf die Zeugung oder Erhaltung neuer Individuen.

Beispiele solcher Bedürfnisse sind sehr zahlreich und schon der Abschnitt von den Verdauungsorganen hat deren eine Mehrzahl dargeboten. Das Auge der Wirbelthiere bedarf der Befeuchtung, welche es hauptsächlich durch die Thränen bekommt, die Haut bedarf gewisser Substanzen, um ihrer Oberfläche eine bestimmte Beschaffenheit zu verleihen u. s. w. Das Geschlechtsleben bedarf mancher Absonderungen, von denen wir nur, wegen ihres bekannten Zweckes, die Milch der Säugethiere, so wie die verschiedenartigen Massen, mit welchen die Eier bei ihrem Durchtritt durch die Ausführungskanäle der weiblichen Genitalien überzogen werden, anführen wollen. Einen dritten Zweck erkennen wir in einer einzigen Absonderung, der des Schweißes. Diese Flüssigkeit wird ausgeleert wie der Harn u. s. w., aber nicht weil ihr Verbleiben im Körper gefährlich wäre, sondern bloß, damit sie durch ihre Verdunstung auf der Haut Wärme absorbire.

Der Ort, an welchem diese Absonderungen aus dem Blute hervortreten müssen, scheint nun in manchen Fällen durch den Zweck unmittelbar bestimmt zu seyn. Es ist offenbar, daß der Speichel sich in den Mund, der Magensaft sich in den Magen ergießen muß. Es wäre also die einfachste Einrichtung, daß der Speichel aus den Capillargefäßen der Mundschleimhaut abgesondert würde und so auf der freien Fläche dieser Haut hervorträte, und daß auf ähnliche Weise die Verdauungsflüssigkeit im Magen hervorkäme. Indessen ist es begreiflich, daß ein solcher Ausfluß seiner Quantität nach wesentlich durch die Ausdehnung der Fläche bedingt ist, an welcher er geschieht. Eine Fläche von einem Quadratzoll kann dessen nicht so viel liefern, als eine Fläche von einem Quadratfuß. Wenn nun zu bestimmten Zwecken an einem bestimmten Orte in einer gemessenen Zeit eine gewisse Menge einer aus dem Blute gesonderten Flüssigkeit erfordert wird, so kann dieselbe natürlich nicht von einer beliebig kleinen Fläche geliefert werden. Es ist aber auch ersichtlich, daß es seine großen Unbequemlichkeiten haben würde, wenn, um bei dem Beispiele zu bleiben, zur Gewinnung einer hinreichend großen Fläche für die Speichelbereitung die Mundhöhle ungemein erweitert werden sollte, wenn die innere Magenfläche, zur Vermehrung der Bildung des Magensaftes, sehr vergrößert und der Magen dadurch zu einem unförmlichen Schlauche würde u. s. w. — Es ist dieser Schwierigkeit nun durch die Bildung der Drüsen abgeholfen. Sie können als Erweiterungen betrachtet werden, als zum Theil ganz ungeheure Erweiterungen von Flächen, an welchen eine Absonderung geschehen soll. Durch eine besondere Art der Flächenvermehrung sind aber die Uebelstände vermieden, welche mit einer einfachen Erweiterung der betreffenden Höhlen u. s. w. verbunden seyn würden. Es läßt sich hiervon, ungeachtet der großen Verschiedenheit des Baues der verschiedenen Drüsen und des verwickelten Baues mancher, leicht eine Vorstellung gewinnen, wenn man von den einfachsten Formen der Drüsen ausgeht. So sind z. B. die Magendrüsen größtentheils feine cylindrische Röhren, welche, in der Magenwandung eingebettet, der Magenhöhle ein offenes, der äußern Magenwandung ein geschlossenes Ende zukehren. Sie stehen oft in hohem Maaße dicht an einander gedrängt und es ist begreiflich, wie hier eine sehr große absondernde Fläche gewonnen wird, ohne daß die Form des Magens dadurch beeinträchtigt wäre. In manchen anderen Fällen finden wir sehr einfache Drüschen in Form einer rundlichen Höhle, welche durch eine feine Oeffnung ihren Inhalt auf irgend eine Fläche entleert. Die complicirten Bauarten von Drüsen lassen sich nun an diese einfachen dadurch anknüpfen, daß man sich mit einem solchen Cylinderchen oder

Bläschen wieder andere in der Weise in Verbindung gesetzt denkt, daß sie ihren Inhalt durch dasselbe entleeren. Es kann z. B. ein kleiner Cylinder, welcher sich auf eine Fläche öffnet, seiner ganzen Länge nach an der äußern Wand mit anderen Hohlcylinderchen oder mit Bläschen besetzt seyn. Oder es kann eine Flächenvergrößerung auch besonders dadurch erreicht seyn, daß ein Kanal oder eine Mehrzahl mit einander verbundener Kanäle eine sehr große Länge erreichen. Die Kanälchen, welche sich gemeinsam an eins ansetzen, können dabei auf die verschiedenartigste Weise gruppirt seyn. Es kann auch eine Verbindung zwischen Bläschen und Kanälen Statt finden, so z. B. daß viele Bläschen durch feine Röhrchen sich in einen Cylinder öffnen. Die Zweige selbst aber können sich wieder zu anderen Röhrchen als Stämme verhalten. Es kann die manchfachste Art der Verzweigung und der letzten Endigung eines solchen Röhrchen- oder Höhlensystems gedacht werden, und es findet auch in der Natur wirklich eine ungemeine Manchfaltigkeit der besonderen Formen der Flächenvermehrung in den verschiedenen Drüsen Statt. — Das Röhrchen, durch welches das ganze System sich ausmündet, werden wir den Ausführungsgang der Drüse nennen. Sind die Drüsen einigermaßen groß, so sind auch diese Ausführungsgänge oft ganz ansehnliche weite Kanäle. Ob sie lang oder kurz sind, kann auf die Function der Drüse selbst keinen wesentlichen Einfluß haben. Daher ist es möglich, daß eine Drüse mehr oder weniger weit von dem Orte entfernt liegt, an welchem ihr Produkt ausgeleert oder benutzt werden soll. Dieses fließt dann dem zu versorgenden Orte durch einen der Entfernung entsprechend verlängerten Ausführungsgang zu, aus welcher Einrichtung gewisse Vortheile für die Anordnung der Organe in einem gegebenen Raume entstehen können. — Als Beispiele mehr zusammengesetzter Ausleitungsapparate werden die Harn- und Geschlechtsorgane dienen, von welchen später eine Beschreibung folgt.

Fig. 149.



Bau einer zusammengesetzten Drüse.

Sehen wir nun im Bau der Drüsen das Princip der Flächenvergrößerung so sehr vorherrschend, so drängt sich auch hier nothwendig wieder eine Betrachtung auf, auf die wir schon mehrfach uns beziehen mußten: das Maaß des Bedürfnisses, z. B. der Harnabsonderung, beruht auf dem Volum des Thieres oder specieller seiner Muskeln, Nerven, kurzum der Theile, welche stickstoffhaltige Zersetzungsprodukte liefern. Diesem Bedürfnisse soll durch eine proportionale Fläche genügt werden. Eben so, wie die Athmungswerkzeuge aus diesem Grunde bei kleineren Thieren immer einfachere Formen annehmen können, wie bei kleinen Thieren die bloße Athmung an der Hautfläche schon genügen kann, während ein bedeutend größeres, übrigens ähnlich organisirtes einer großen, besonders für die Respiration entwickelten Fläche bedarf, eben so wird es auch mit den Drüsen stehen. Sie können bei kleinen Thieren sehr einfach seyn; es kann einfach ein Theil der Haut- oder Darmfläche für die Secretion bestimmt seyn, ohne daß diese darum relativ geringer ausfiele. Aus dieser wichtigen Betrachtung ergibt sich, wie einfach die mikroskopischen Thiere ihrem Bau nach seyn können, ohne es ihren Functionen nach zu seyn, wie schwierig es seyn muß, die Localität für bestimmte Functionen bei ihnen zu finden, wie wenig Grund die Bemühungen haben, bei diesen kleinsten Thieren einen sehr complicirten Bau nachweisen zu wollen, wenn auch ihre Functionen complicirt seyn mögen. — Nach dem Gesagten wird die beistehende Figur keiner besondern Erläuterung bedürfen. Man erkennt darin sogleich die Bläschen einer Drüse, welche durch feine Kanäle mit stärkeren in Verbindung gesetzt sind, man sieht diese wieder zu stärkeren Röhren zusammentreten u. s. f., bis alles in einen Ausführungsgang übergeht. Die möglichen und in der Natur wirklich vorkommenden Manchfaltigkeiten im

Bau der Drüsen zeigen sich nun aber nicht bloß in Größe, Zahl, Form und Gruppirung der Elemente, an welchen, seyen sie mehr röhren- oder mehr bläschenförmig, die abscheidende Fläche hergestellt ist. Auffallende Unterschiede zeigen sich auch in der Feinheit dieser Elemente, sowohl was ihre Durchmesser, als auch was ihren mikroskopischen Bau betrifft, Verhältnisse, mit denen wiederum einigermaßen der verschiedene Grad der festen Zusammenpackung der einzelnen Elemente einer Drüse zusammenhängt. Wir finden manche Drüsen äußerlich von sehr einfachem Umrisse, mit einer festen Haut bekleidet und dabei im Innern alle die Kanälchen oder Bläschen sehr fest zusammengedrängt; es ist ersichtlich, daß in einer so beschaffenen Drüse die eigentlichen Drüsenelemente sehr zart seyn können, da ihre feste Verpackung sie gegen Beschädigung durch Erschütterungen sichert. So ist der innere Bau der Nieren, besonders auch der Leber der Wirbelthiere meist sehr zart, bei großer Ausdehnung der Organe. In anderen Fällen sind zart gebaute Drüsen mehr dadurch geschützt, daß sie, in kleinere Massen vertheilt, fest zwischen andere Theile verpackt sind, wie dieß z. B. bei den Nieren der Vögel sich findet, bei der Leber der Karpfen u. s. w. Dagegen ist in den Hoden sehr vieler Thiere das Gewebe der absondernden Kanäle verhältnißmäßig stark, während die Kanäle selbst dabei sehr locker neben einander in festen Kapseln liegen. Manche Drüsen der höheren Thiere sind aber auch sehr wenig in einen gemeinsamen Drüsenkörper gesammelt, sondern in einzelnen Abtheilungen (Drüsenlappen, Drüsenläppchen) in das Zellgewebe zwischen andere Theile eingeschoben. Je kleiner die Thiere und mithin ihre Drüsen sind, je weniger ihre Lebensweise (z. B. Leben im Wasser, kriechende Bewegungsweise) sie Erschütterungen aussetzt, um so weniger kommt bei Bildung und Lagerung der Drüsen der Gesichtspunkt der Festigkeit in Betracht. Daß aber alle Verschiedenheiten, welche man in Hinsicht auf Form, feste Umhüllung, Festigkeit oder Lockerheit der Verbindung mit der Umgebung, so wie der Verbindung der Drüsenelemente unter sich bemerken kann, ohne Einfluß auf die Function dieser Organe seyn werden, versteht sich wohl ziemlich von selbst. Dagegen möchte man wohl eher erwarten, daß die Vertheilung der Gefäße an den Drüsen (die Art der Verästelung, des mehr oder weniger gewundenen Verlaufes, die ja auf die Druckverhältnisse des Blutes influirt), daß ferner auch der feinere Bau der abscheidenden Kanälchen oder Bläschen in einer bestimmten Beziehung zu ihrer Function stände. Diese Vermuthung können wir auch durchaus nicht ablehnen; ja man hat selbst schon einen einzelnen, mindestens sehr beachtenswerthen, Versuch gemacht, die anatomischen Eigenthümlichkeiten des Baues der Nieren in ihrer Beziehung zu den Besonderheiten ihrer Function zu verstehen. Aber abgesehen davon, daß dieser Versuch bis jetzt ganz allein dasteht, müssen wir doch auch eingestehen, daß wir bis jetzt durchaus nicht wissen, welche der erkannten Structureigenheiten der Gefäße und Drüsen es bewirken, daß hier diese, dort jene Ausscheidung aus dem Blute zu Stande kommt. Die Ursachen, welche eine bestimmte Drüse befähigen, gerade einen bestimmten Bestandtheil oder eine bestimmte Reihe von Bestandtheilen des Blutes hindurchzulassen, mögen wohl verwickelte seyn, und zudem dürfen wir ja unsere Kenntniß vom feineren Baue dieser Werkzeuge durchaus nicht für abgeschlossen halten.

Man könnte den Versuch machen, die erkannten Verschiedenheiten des Baues der Absonderungswandungen auf zwei Hauptformen zurückzuführen. Man bemerkt nämlich in manchen Fällen, daß die absondernden Kanäle innen mit einem Epithelium ausgekleidet sind, während in anderen Fällen ein solches Epithelium fehlt. Die zarte Membran, welche in den letzteren Fällen als Begrenzung der Kanälchen sich findet, scheint indessen auch regelmäßig aus Zellen zu entstehen. In der einfachsten Weise geschieht dieß so, daß eine Zelle sich mehr oder weniger verlängert, eine Kanalform annimmt, und sich an einem Ende öffnet. Hiedurch hat sich eine Zelle unmittelbar in ein Drüsenkanälchen umgewandelt. Das offene Ende denkt man sich natürlich einem Ausleitungscanal zugewandt. In dieser Form sehen wir auch namentlich manche Drüsenschläuche bei Insekten und Würmern. Sie bestehen dann aus einer variabeln Anzahl von einfachen Zellen, je mit einem längern oder kürzern Ausführungsgang, der in

einen größern Kanal, den gemeinsamen Leitungsapparat, hineinmündet. — Nur um einen Schritt von dieser Form entfernt würde eine zweite liegen, bei welcher ein Kanälchen aus einer einfachen Zellenreihe entstände. Diese Zellen verwachsen mit einander, alle Stellen der Wandungen, wo zwei Zellen mit einander in Berührung stehen, verschwinden, so daß ein Kanal durch die ganze Reihe führt; dann öffnet sich auch dieser am einen Ende und tritt dadurch in offene Verbindung mit dem übrigen Hohlraume des Drüsenapparates. — Eine dritte Form entsteht dadurch, daß die Zellenreihe nicht einfach ist, sondern ein Strang, in welchem jeder Querschnitt durch mehrere Zellen gehen würde. Auch hieraus bildet sich ein einfaches Kanälchen, indem alle Theile der Zellen verflüssigt werden, bis auf die, welche die äußere Oberfläche des Stranges bilden. Diese drei Bildungsweisen stimmen also darin mit einander überein, daß der Hohlraum des Kanälchens dem Innenraume von Zellen entspricht und durch Innenflächen von Zellenmembranen begränzt wird.

Somit könnte man also aus allen diesen Drüsen eine Hauptform bilden, gegenüber der andern, in welcher auch die feinsten Absonderungskanäle oder Höhlchen noch mit einem Epithelium ausgekleidet sind. Indessen ist es fraglich, ob dieser Unterschied wichtig genug ist; ja man muß es für manche Fälle wohl in Zweifel ziehen, ob die scheinbaren Epithelien nicht Zellen sind, welche durch ihren Lebensproceß, Entstehen und Vergehen, sehr wesentlich dem eigenthümlichen Absonderungsprodukte der Drüsen angehören. Diese Bemerkungen dürfen übrigens zunächst nur auf die feinsten Kanälchen oder Bläschen bezogen werden. Die gemeinschaftlichen Ausführungsgänge der Drüsen und ihrer einzelnen Abtheilungen möchten wohl überall einen Epithelüberzug besitzen, auch wenn er jenen fehlt. Ja, man findet namentlich in den Nieren, daß die feinsten Kanäle, welche gewöhnlich für Absonderungskanäle gelten, noch ein starkes Epithelium besitzen, während in gewissen Aushöhlungen mit welchen diese Kanäle in offenem Zusammenhange stehen (s. u.), dieser Ueberzug viel weniger deutlich und für manche Fälle selbst zweifelhaft wird.

Eine Vorstellung über die Function der Drüsenkanälchen, wenn ihr Raum dem Innenraume von Zellen entspricht, läßt sich nun allenfalls an die Vorstellungen anknüpfen, welche wir über die Function der Zellenmembran überhaupt besitzen, und damit ein Vergleichungspunkt für Absonderung und Ernährung herstellen. Wenn wir das Thier in seiner ersten Entwicklung aus Zellen bestehen sehen, deren Form, Inhalt, sonstiges Ansehen durchweg die größten Aehnlichkeiten darbietet; wenn dann aber bald in diesen Zellen verschiedene Thätigkeiten auftreten, ihre Formen, ihr Inhalt ein verschiedener wird, und somit sich die Grundlage zu verschiedenen Geweben, Knorpel, Zellgewebe, Muskelfleisch u. s. w. andeutet, so können wir allerdings nicht die ersten auftretenden Verschiedenheiten aus den Zellen selbst erklären wollen. Die Ursache, welche die homogenen Zellen zu differenten macht, ist gänzlich verborgen. Ist aber einmal eine Verschiedenheit gesetzt, so muß diese, abgesehen von anderen Einflüssen, auch selbstständig weiter wirken, muß dazu beitragen, daß die eine Zelle aus der gemeinsamen Bildungsflüssigkeit etwas Anderes anzieht, sich aneignet, als die andere. Von Seiten der Zelle kann aber wieder ein doppeltes als wirksam gedacht werden: die Membran der Zelle oder ihr Inhalt, sey er fest oder flüssig, habe er die Gestalt eines Kerns oder eine andere.

Zellenmembranen bilden nun auch unsere Kanäle, und es scheint somit nahe zu liegen, daß man ihnen auch eigene Wirkungen auf die Flüssigkeit zuschreiben könnte, vermöge deren in einer Drüse diese, in einer andern jene Blutbestandtheile die Wandungen der Kanäle durchdringen. Besonders liegt aber diese Ansicht nahe, wenn wir manche Erscheinungen würdigen, welche ein reges Zellenleben in den Drüsen verrathen. Der aus verschmolzenen Zellen gebildete Secretionskanal ist kein für immer gebildeter Theil des Körpers; ohne Zweifel treten zu einem solchen häufig neue Zellen hinzu, verwachsen mit ihm, öffnen sich in ihn, ergießen ihren Inhalt. Sehr wahrscheinlich bilden sich auch solche zarte Kanäle häufig neu; jeder hat, ehe er noch Kanal wird, schon in den einzelnen Zellen, welche zu ihm zusammentreten sollen, einen Inhalt, welcher ausgeführt werden kann, sobald die Zellen sich

in einander geöffnet, mit dem Ausführungsgange sich in Verbindung gesetzt haben. — Da ist also deutlich die Bildung eines Absonderungsproduktes auf die gewöhnliche Entwicklung von Zellen, auf die Thätigkeit der Zellmembran, ihre Anfüllung mit einem Inhalte zu reduciren. Ganz entschieden reihen sich aber die Erscheinungen der Absonderung an die Ernährung an, und können wesentlich auf dieselben Grundlagen zurückgeführt werden, wenn das abgeschiedene Produkt nicht bloß eine Flüssigkeit ist, sondern bestimmte feste Theilchen enthält, welche den Bildungstypus von Zellen, Zellmembranen, Zelleninhalt, haben, und dabei nicht etwa als mehr zufällige Beimengungen erscheinen. Ein Muster einer solchen Abscheidung kann die Samenbildung genannt werden; man weiß, daß die sog. Samenfädchen (besser Samenkörperchen) der Hauptbestandtheil des Sperma sind. Im reinen und reifen Samen tritt die Quantität der Flüssigkeit gegen die der genannten festen Bestandtheile durchaus zurück. Man weiß aber ferner, daß diese Samenfädchen oder Samenkörperchen sich in den Secretionskanälen des Hoden in Zellen bilden (in denselben, welche anfänglich selbst oder durch ihre Mutterzellen das sog. Epithelium der Hodenkanäle darstellten) und erst mit deren Verflüssigung frei werden. Sie unterscheiden sich also von manchen Gewebetheilen des thierischen Körpers nur dadurch, daß sie im ausgebildeten Zustande keinen festen Zusammenhang mit dem Körper besitzen. Die Abscheidung des Sperma ist also: Bildung von Zellen, Wachsthum derselben, Bildung eines eigenthümlichen Zelleninhaltes und Freiwerden desselben durch Zerstörung der Mutterzellen. Aehnliches kommt auch in anderen Drüsen vor. Namentlich ist es in den Milchdrüsen der Säugethiere, in den Drüsenfollikeln des Kropfes bei den ätzenden Tauben, bei den Wirbellosen in noch größerer Ausbreitung (Speicheldrüsen, Harnkanälchen der Insekten, Leber der Mollusken u. s. w.) beobachtet. Ebenso scheint auch nach neueren Beobachtungen die Entstehung des sog. Magensaftes auf einem steten, wenn auch oft rudimentären Zellenbildungsprocesse in den Magendrüsen zu beruhen.

Daß die Drüsenzellen für den Mechanismus der Secretion das Wichtigste seyen, lehrt uns auch die vergleichende Anatomie. Wenn wir sehen, wie die Entwicklung bestimmter Drüsen, z. B. der Leber, durch die Reihe der Thiere an Größe immer mehr abnimmt, wie der Bau sich immer vereinfacht, wie endlich statt einer besondern Leber nur eine Bekleidung von Leberzellen an dem Darmkanale bleibt; wenn wir dann ferner beobachten, wie manche dieser Zellen von Secretmasse strotzen, andere minder gefüllt sind — dann darf man daran gewiß nicht länger zweifeln. Wie in den Fettzellen das Fett sich anhäuft und wieder verschwindet, eben so hier die Galle in den Leberzellen.

Gewinnen wir nun auf diese Weise einiges Verständniß, wenigstens für gewisse Abscheidungen, so ist es zugleich klar, daß durch diese Einsicht die scharfe Abgrenzung des Begriffes der Secretion, welche früher möglich schien, verloren gegangen, in den Begriff der Ernährung verflossen ist. Erklärt man die Bildung des Sperma für eine Secretion, so ist es auch die Bildung der Epithelien, der Epidermis. Auch hier bilden sich Zellen an einer Fläche (wie dort in dem Secretionskanale), bilden sich bis zu einem gewissen Grade aus und werden dann losgestoßen, die Epidermiszellen ohne weitern Nutzen, also als ein Excrement zu betrachten, die Epithelzellen in die wesentlichen Bestandtheile des Schleims übergehend. Kann man aber diese Bildungen nicht von jenen Secretionen trennen, so ist überhaupt keine scharfe Gränze auch gegen die Ernährung anderer Gebilde, der Muskeln z. B., zu ziehen. Daß deren Schicksal, die Art ihrer Auflösung, ihr Eigenthümliches hat, ist freilich nicht zu verkennen, aber schwerlich für jetzt als ein genügendes Eintheilungsprinzip zu benutzen. Ist aber hiernach ein Theil der Secretionen uns nicht räthselhafter, als die Ernährung, so sind wir doch nicht der Meinung, daß eine solche Auffassungsweise sämmtliche Abscheidungen umfassen müsse. Es wäre wenigstens möglich, daß sich bei genauerem Studium der Secretionen eine Trennungslinie zwischen mehrere der so genannten Vorgänge zöge, während die Gränze gegen die Ernährung für einen Theil der Abscheidungen verloren geht.

Wir können für jetzt von den Secretionen die einfachsten Aushauchungen oder Ausschwitzungen an manchen Flächen nicht trennen. Der Wasserdampf, welcher durch die Lungen fortgeht, die Verdampfung durch die Epidermis können hier genannt werden. Aber sie können wohl nicht anders aufgefaßt werden, denn als ganz einfache physikalische Vorgänge, ohne Dazwischenkunft alles Plastischen, der Zellenbildung u. s. w. Sie sind also durch eine weite Kluft von den mit Zellenbildung vorschreitenden Secretionen getrennt und es ist sehr möglich, daß ein Theil der wirklichen Drüsensecretionen sich wesentlich an sie anschließe. Um die großen Differenzen zwischen der Art von wirkenden Ursachen, welche die verschiedenen Secretionen veranlassen mögen, zu würdigen, wird es wichtig, sich der Verschiedenheit der Secrete selbst zu erinnern, namentlich aber sich die Frage zu stellen, inwiefern das endliche Produkt einer Drüse entweder schlechthin als ein abgeschiedener Blutbestandtheil betrachtet werden kann, oder aus einer Metamorphose von solchen hervorgegangen seyn muß. Es ist klar, daß der Abscheidungsproceß als ein einfacher erscheint, so weit er nur in der Trennung gewisser schon im Blute vorhandener Stoffe aus dieser Flüssigkeit besteht; dieß ist dem Wortsinn nach die wahre Abscheidung. Dieses Verhältniß ist aber weder für alle Secretionen erwiesen, noch auch wahrscheinlich, während es allerdings für einige nicht zu bezweifeln ist. Theils enthalten gewisse Secretionen nichts, was man nicht aus den allgemeinen Blutbestandtheilen herleiten könnte, theils haben auch in schwierigen Fällen die eifrigen Untersuchungen der Chemiker zu einem befriedigenden Resultat geführt. Man zweifelt z. B. nicht mehr, daß Harnstoff im Blute vorkomme, und Neuere wollen sogar noch andere charakteristische Harnbestandtheile im Blute gefunden haben.

Von einigen Absonderungen ist es dagegen schon darum nicht möglich, dieselben als Blutbestandtheile nachzuweisen, weil man die chemische Beschaffenheit ihrer wesentlichsten Bestandtheile zu wenig kennt. Es wird aber auch wohl Niemand einfallen zu glauben, daß die chemischen Verbindungen, aus welchen die Spermatozoen bestehen, daß das Pepsin, daß der wirksame Bestandtheil des Speichels und Bauchspeichels schon im Blute präformirt sind. Dagegen wird man keine Schwierigkeit finden, die Thränenflüssigkeit für ein bloßes Filtrat aus dem Blute zu erklären. Der Schleim, den man in den Thränendrüsen findet, gehört ihnen offenbar nicht ursprünglich an, und was sie außerdem enthalten, ist als Blutbestandtheil bekannt, wenn man von einer geringen Quantität unbestimmter thierischer Materie absieht. Aber auch in dieser wird man nicht geneigt seyn, irgend etwas Besonderes zu vermuthen, wenn man an den Zweck der Thränenflüssigkeit denkt. Sie ist zur Befeuchtung des Auges zunächst bestimmt. Da ist begreiflich, daß es nur darauf ankommt, daß eine Flüssigkeit gebildet werde, welche weder reines Wasser seyn, damit sie nicht unzweckmäßige endosmotische Strömungen in den Bedeckungen des Augapfels bewirke, noch auch zu concentrirt seyn darf, um nicht auf andere Weise den Zustand der Flächen, welche sie berührt, zu alteriren. Dieser Zweck wird durch einen mäßigen Gehalt von Salzen und thierischen Materien des Blutes vollkommen erreicht.

Wir unterscheiden also nach einem Principe Abscheidungen:

a) welche nur in der Aussonderung gewisser Blutbestandtheile bestehen;

b) welche mit chemischer Umwandlung verbunden sind — nach einem andern Principe Abscheidungen,

a) welche gebildet werden, ohne daß der Lebensproceß besonderer Zellen eine wesentliche Rolle dabei spielt;

b) welche in ihrer Bildung wesentlich auf dem Leben und den Metamorphosen gewisser Zellen beruhen.

Es ist nicht unwahrscheinlich, daß das a des einen mit a des andern Abtheilungsprincips und ebenso die beiden b großentheils zusammen fallen, da eben in der Zellenthätigkeit uns ein Mittel gegeben ist, die chemische Umwandlung zu erklären.

Die Verschiedenheiten der Secretionen, welche durch Zellenbildungsproceß vermittelt

werden, erfordern natürlich ganz andere Erklärungsweisen, als die einfachen Filtrationen. Es ist schon oben bemerkt worden, daß unsere Vorstellungen über sie sich im Allgemeinen leicht an das anknüpfen, was wir über das Zellenleben überhaupt wissen. Daß in einer Drüse sich Samenfädchen bilden, in einer andern Pepsin, ist nicht mehr oder weniger räthselhaft, als daß sich in der aus homogenen Zellen gebildeten Frucht hier Muskel, dort Nerv, dort Knorpel bildet. Beide Fragen scheinen in eine zusammenzufallen. Dagegen ist es wohl eine andere Frage, was den Unterschied zwischen solchen Drüsen bedingt, welche lediglich Blutbestandtheile auszusondern haben? woher es kommt, daß in den Nieren diese, in den Thränendrüsen jene Bestandtheile hervortreten? Diese Frage liegt der Beantwortung entschieden noch fern, und wir begnügen uns damit, sie nur anzudeuten.

Wichtig für dieselbe, wie überhaupt für die Zukunft der Physiologie der Drüsen sind manche Untersuchungen, wit welchen die Forscher beschäftigt sind:

In wie weit eine Drüse unter abnormen Verhältnissen im Stande ist, die Ausleerung zu übernehmen, welche in der Regel durch eine andere vollzogen wird? Was überall das Schicksal eines Stoffes ist, welcher gewöhnlich durch bestimmte Drüsen aus dem Blute entfernt wird, wenn diese an Vollziehung ihrer Function gehindert sind? Welche Veränderungen die Function einer Drüse erleiden kann und durch welche Umstände? Wie sich Substanzen, welche dem Blute mehr zufällig beigemengt sind (Arzneimittel u. s. w.), zu den Ausleerungsorganen verhalten, ob sie rasch oder langsam, zersetzt oder unzersetzt, durch bestimmte oder beliebige Drüsen ausgesondert werden?

So manchfaltige Resultate indessen auch in Beziehung auf diese Fragen in den Besitz der Wissenschaft gelangt sind, so begnügen wir uns doch hier nothwendig mit einigen wenigen Thatsachen. Dahin gehört es namentlich, daß die Functionen auch der Drüsen, welche nur Blutbestandtheile aussondern, wie es die Nieren (wenigstens bei den höheren Thieren) zu thun scheinen, nicht durch andere ersetzt werden können. Häufen sich durch Unthätigkeit der Nieren die Harnsubstanzen im Blute an, so schwitzen sie, wie es scheint, in den verschiedensten Richtungen aus den Blutgefäßen aus, in Zellgewebe, innere Höhlen u. s. w.

Veränderungen der Drüsenthätigkeit können aber demungeachtet sehr manchfaltig Statt finden: Quantität und Qualität (absoluter Gehalt an festen Stoffen, Verhältnisse der festen Stoffe, Verschwinden normaler, Auftreten abnormer Stoffe) können sich verändert zeigen. Diese Veränderungen können auf dem Zustande des ganzen Körpers beruhen, wie z. B. namentlich die Quantität der in 24 Stunden ausgeschiedenen Harnstoffe wesentlich auf der Lebensweise, Muskelthätigkeit u. dgl. beruht. Ebenso tritt ja die Milchbildung u. s. w. nur bei bestimmten Zuständen des ganzen Körpers ein. Es können solche Veränderungen aber auch durch Zustände des Nervensystemes hauptsächlich bedingt seyn. Darüber ist ja kein Zweifel bei Thränenerguß in Folge psychischer Zustände. Diesen Nerveneinfluß in den Drüsen hat man in früherer Zeit sich als einen mehr unmittelbaren vorgestellt. Viele glaubten überhaupt im Verständniß der Drüsenthätigkeit einen Fortschritt gemacht zu haben, wenn sie die Frage, woher die so fest bleibende Verschiedenheit in den Thätigkeiten der verschiedenen Drüsen rühre, mit einer Verweisung auf das allmächtige Nervensystem beantworteten. Bewirkt das Nervensystem, daß die Leber Galle, die Speicheldrüse Speichel u. s. w. absondert, so versteht es sich freilich leicht, daß durch Aenderungen in der Thätigkeit des Nervensystemes auch Aenderungen in den Secretionen eintreten müssen. In solcher Breite erkennt die heutige Physiologie freilich den Einfluß des Nervensystemes nicht mehr an. Sie hat eingesehen, daß ein solches Berufen auf die Kräfte des Nervensystemes ebenso wohlfeil und ebenso ungenügend ist, als wenn man überall, wo der Faden der Erklärung eines Vorganges abreißt, eine Lebenskraft zu Hülfe ruft. Will man nicht weiter gehen, als die wissenschaftliche Gewißheit oder Wahrscheinlichkeit reicht, so kann man nur das oben Gesagte zugeben, daß nämlich Veränderungen der Thätigkeit der einzelnen Drüsen durch Nerveneinfluß bedingt seyn können. Dieß schließt sich aber auch leicht an andere bekannte Func-

tionen der Nerven an. Wir kennen schon die Wechselzustände der feinen Blutgefäße und wissen, daß sie unter dem Einflusse des Nervensystemes stehen. Fülle und Bewegungsgeschwindigkeit in den feinen Blutgefäßen einer Drüse wird aber natürlich von Einfluß auf Quantität und Qualität ihres Produktes seyn. Einen solchen Einfluß begreift man um so mehr, da Veränderungen des Kalibers der Blutgefäße nicht ohne Aenderung der Dichtigkeit ihrer Wandungen gedacht werden können; das Durchschwitzen der Flüssigkeit durch diese Wandungen wird durch diese veränderte Dichtigkeit ebenfalls einen Einfluß erleiden können oder müssen. *)

Das Verhalten der Drüsen, ihres feinen Baues, ihrer Kanäle zum Blutgefäßsysteme ist natürlich mit der verschiedenartigen Anlage dieses Systemes selbst sehr wechselnd. Bei den Wirbelthieren geschieht die Blutbewegung von den Arterien zu den Venen überall durch Capillargefäße und so sind auch in den Drüsen überall die Drüsenschläuche, Drüsenkanäle mit Capillargefäßnetzen überzogen, von welchen aus die Flüssigkeit in das Innere der Drüsenräume dringt. Von den älteren Ansichten, daß offene Uebergänge zwischen Capillargefäßen und Drüsenkanälen sich fänden, ist die Physiologie mehr und mehr zurückgekommen. Das Verhältniß der Capillaren zu Drüsenkanälen ist kein anderes, als zu Muskelprimitivbündeln u. dgl., ein Verhältniß der Anlagerung. Auch da, wo die Entwicklung und Anlage der Kreislaufsorgane eine sehr abweichende ist, wie bei vielen Wirbellosen, in denen dieselben kein geschlossenes System bilden, sondern mit größeren und geringeren Lacunen, Kanälen und Höhlen zusammenhängen, zum Theil auch die Drüsen frei umspülen, ist dieses Verhältniß im Wesentlichen nicht geändert. Auch hier findet sich nirgends eine directe Communication zwischen den Räumen, die das Blut enthalten, und den Drüsenkanälen, nirgends ein unmittelbarer Uebergang der Blutflüssigkeit in das Secret. — Der Einfluß, den eine solche Anordnung auf die Drüsen ausübt, erschöpft sich darin, daß diese (wie es namentlich von den Insekten bekannt ist) nicht mehr solche compacte, durch Zellgewebe und seröse Häute zusammengehaltene Massen bilden, wie es bei den Wirbelthieren gewöhnlich ist. Die ganze Drüse ist dann vielmehr wie skelettirt, in ihre einzelnen Kanäle zerlegt oder überhaupt nur ganz einfach, und mäßig befestigt, so daß sie von allen Seiten in der Ernährungsflüssigkeit gebadet liegt. Auch bei den Wirbelthieren sahen wir allerdings schon einzelne so gebaute Drüsen, die größere Mehrzahl dagegen bietet uns eine andere Gestalt und muß es, da, schon von dem Gesichtspunkt der Festigkeit aus, die absolute Größe, welche viele dieser Organe erreichen, es verlangt. Wo bei den niederen Thieren solche compacte Drüsen vorkommen, wie namentlich bei den höheren Mollusken, da haben dieselben auch beständig ihre eigenen Gefäße. Die Blutflüssigkeit, die sie vielleicht äußerlich umgibt, würde nicht hinreichen, die gesammte Masse der Drüsenschläuche, besonders die centralen, gehörig zu versorgen.

Die eigentlichen Ausscheidungen (Excretionen). Ein Theil der Drüsenprodukte wird zu eigenthümlichen Zwecken im Organismus verwandt, und diese finden den natürlichsten Platz ihrer speciellen Betrachtung bei Gelegenheit der Funktionen, in welche sie eingreifen. So haben wir von einer Reihe von Drüsen schon bei Gelegenheit der Verdauung zu sprechen gehabt. Andere sind bei den geschlechtlichen Thätigkeiten abzuhandeln u. s. w. Hier dagegen beschäftigen uns besonders die Drüsen und Drüsenprodukte, welche gewisse für den Körper nicht dienliche Stoffe aus demselben entfernen. Behufs einer Besichtigung der Gränzen zwischen diesen beiden Gebieten müssen wir jedoch bemerklich machen, daß es manche Drüsenprodukte gibt, welche nach ihrer Bildung zwar mehr oder weniger bald aus dem Körper entfernt werden, zuvor aber doch demselben noch irgend einen bestimmten Dienst zu erweisen haben; einen Dienst, der mehr oder weniger wesentlich seyn kann, so daß dann auch die Stellung des ausgeschiedenen Stoffes unter die Secretionen oder Excretionen eine zweifel-

*) Die außerordentlich wichtige Entdeckung von C. Ludwig (Mittheilungen Nr. 50 der Zürcher naturhist. Gesellsch.) konnte leider im Texte nicht mehr berücksichtigt werden.

hafte wird. Thränen, Speichel, Magensaft, Bauchspeichel mögen als Beispiele von Secretionen im engsten Sinne gelten; von ihnen wissen wir nur, daß sie zu einer bestimmten Wirkung innerhalb des Körpers dienen müssen. Wir wissen nicht, wo sie nach Hervorbringung dieser Wirkung bleiben, haben aber nicht den mindesten Grund anzunehmen, daß sie aus dem Körper entfernt werden, daß der Haushalt des Körpers bei ihrer Entfernung interessirt sey. Sie mögen in einem veränderten oder unveränderten Zustande wieder aufgesaugt werden. Als eine Zwischenklasse zwischen diesen und den Excretionen im engern Sinne, wohin namentlich der Harn gehört, erscheinen dann aber besonders solche Ausscheidungen, welche an der äußern Fläche des Thiers auftreten, theils durch besondere Drüsen, theils einfach von der Hautfläche des Thieres ausgeschieden. Ein bestimmter Zweck läßt sich für manche derselben nachweisen, für andere vermuthen. Die zahlreichen Talgdrüsen z. B. an der Haut vieler Thiere haben einen Einfluß auf die Beschaffenheit der Oberhaut, machen sie ohne Zweifel minder spröde. Die Oberhaut selbst läßt sich, wie oben bemerkt wurde, nicht streng von den Secretionen trennen. Ihr Nutzen bedarf keiner Erläuterung. Aber sie wird zugleich beständig vom Körper losgestoßen, bildet somit factisch ein Excrement. Eben so gehen theils durch Abreiben, theils durch Verdampfen die Drüsenprodukte, welche auf die Hautoberfläche gelangen, allmälig verloren. Diese sind theils wässrig, theils fettartig, theils schleimig u. s. w. Es gibt Hautdrüsen, welche stark riechende, bei verschiedenen Thieren sehr verschiedenartige Stoffe ausscheiden. So sind ja selbst am Menschen gewisse Körperstellen mit verschiedenen, mitunter unangenehmen, bei den einzelnen Individuen an Intensität sehr abweichenden Gerüchen behaftet. Man hat bei Thieren einen besondern Zweck mancher starken Gerüche darin gesucht, daß sie einander dadurch kenntlich werden. Das Aufsuchen (zu Nahrungs= und geschlechtlichen Zwecken) und Vermeiden der Thiere soll darauf beruhen. Auch ein gewisser Schutz mag manchen Thieren durch übelriechende oder übelschmeckende Hautprodukte gewährt seyn (z. B. Kröten, Salamandern durch das Gift *) ihrer Hautdrüsen). Dieß sind in der That sehr wichtige Motive aus dem Naturhaushalte und mögen für viele solcher Abscheidungen einen gewissen teleologischen Aufschluß geben, nicht aber für alle. Wo nun eine solche Erklärung gar nicht zu passen scheint, wird man um so mehr auf eine excrementielle Bedeutung dieser Stoffe zurückgewiesen, welche dann aber auch für alle die Fälle sehr denkbar bleibt, in welchen neben der bloßen Entfernung aus dem Körper noch ein anderer Zweck vorliegt.

Wenn man aber auch eine solche Hypothese kaum ablehnen kann, so muß man doch zugleich eingestehen, daß dieselbe vorläufig einen sehr geringen Werth hat. Sehen wir nämlich die auf der Haut ausgeschiedenen Substanzen als Excremente an, mit der Vorstellung, daß der thierische Haushalt ein Interesse habe, sich ihrer zu entledigen, suchen wir so dem Factum der Ausleerung eine Bedeutung zu geben, so sind wir doch außer Stande, dieses Interesse näher zu bezeichnen — mit anderen Worten, wir können nicht sagen, wie und mit welcher Nothwendigkeit diese Ausleerungen auf den chemischen Vorgängen im Innern des Körpers beruhen. Es ist hier also unsere Erkenntniß auf einer entschieden tiefern Stufe, als in Beziehung auf Harn= und Kohlensäureausscheidung. — Wir begnügen uns demgemäß damit, die Verbreitung der Hautdrüsen und die Beschaffenheit ihrer Produkte so wie die einfache Ausdünstung durch die Haut kurz zu besprechen.

Wässrige Ausscheidungen auf der Haut sind im Thierreiche sehr verbreitet. Bei manchen Thieren sind dieselben sehr offenbar dadurch, daß ihre Haut, wiewohl die Thiere an der Luft leben, dennoch stets feucht bleibt, wie bei den Schnecken. Aber auch von sehr vielen Thieren, deren Haut meist trocken erscheint und von vielen im Wasser lebenden ist das Stattfinden wässriger Ausscheidungen nicht zu bezweifeln.

*) Wir nennen diese Stoffe giftig, ohne damit dem häufigen Vorurtheile Vorschub leisten zu wollen, als ob sie auf einer Haut, wie es die äußere des Menschen ist, böse Wirkungen verursachen könnten. An Schleimhäuten bewirken sie allerdings schon in sehr kleinen Quantitäten heftige Reizung. (Siehe weiter unten.)

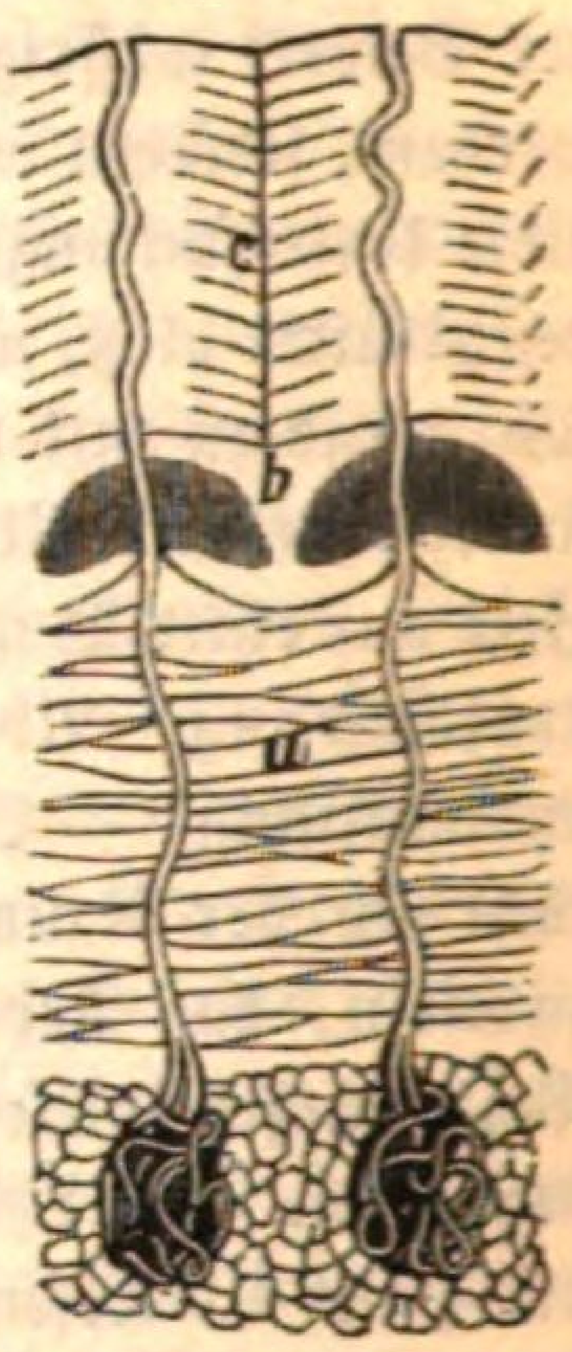
Bei Thieren, welche an der Luft leben und nur ausnahmsweise feucht erscheinen, kann der Beweis wässriger Ausscheidungen nicht bloß auf das Vorhandenseyn von Drüsen gestützt werden, sondern wir können die Ausscheidung auf verschiedene Weise direct darthun. Sehr viele Untersuchungen sind in dieser Hinsicht besonders am Menschen angestellt. Der Mensch besitzt nicht bloß, wie auch manche Thiere, die Fähigkeit zu schwitzen, wobei die Körperfläche sich geradezu mit tropfbarer Flüssigkeit bedeckt, sondern auch während sie trocken erscheint, findet eine stete Verdampfung von Wasser von seiner Haut Statt. Wenn ein Mensch längere Zeit auf einer Wage sitzt, so wird er stets leichter. Ein Theil davon kommt auf die Lungenausscheidung. Aber nach Abzug derselben bleibt noch ein bedeutender Rest für die Hautausdünstung. — Wenn man einen Theil des menschlichen Körpers wasserdicht einschließt, so füllt sich der Raum mit Wasserdunst, selbst mit tropfbarer Flüssigkeit. Es ist nicht zu bezweifeln, daß Aehnliches sehr verbreitet auch bei Thieren vorkommt. Die teleologischen Beziehungen dieser wässrigen Ausscheidungen sind verschiedene und zum Theil wohl zu begreifen. Bei Thieren, welche mit stets feuchter Haut an der Luft leben, kann dieser Zustand der Haut als wesentlich für die Respiration betrachtet werden. Es ist unzweifelhaft, daß durch eine solche feuchte Haut hindurch der Athmungsproceß stets vor sich geht, während eine trockene Haut ihn bis zur gänzlichen Unbedeutendheit beschränken muß. Eine feuchte Haut ersetzt, wie wir sehen werden, vielen kleineren Thieren die besonderen Athmungsorgane. Sie kann dieß um so mehr, je kleiner das Thier, je geringer das Athmungsbedürfniß und, wo sich eigentliche Blutgefäße finden, je reicher das Blutgefäßnetz der Haut ist. Es kann aber eine solche Hautathmung auch bei Thieren, welche ein besonderes Athmungswerkzeug besitzen, immer bedeutend mit in Anschlag kommen, wenn die Respirationsfläche des eigentlichen Athmungsorganes im Verhältniß zur Körperfläche unbedeutend ist. In vielen Fällen sind die wässrigen Ausscheidungen auf der Haut aber auch offenbar bestimmt, der Haut gewisse mechanische Eigenschaften, Glätte, Schlüpfrigkeit zu ertheilen, so die Bewegung zu erleichtern, Verletzung, Abnutzung der Haut zu vermindern u. s. w. Dieß dürfte namentlich für die Schleimausscheidung an der Haut der Fische und mancher niederen Thiere wichtig seyn. — Wozu aber die Wasserausscheidung auf der Haut des Menschen und (unzweifelhaft) der ihm ähnlichen Thiere, namentlich im Allgemeinen der Säugethiere? Es ist offenbar, daß die Ausscheidung des Wassers selbst, insofern dadurch eben Wasser aus dem Körper entfernt wird, kein besonderer Zweck bei diesen Thieren seyn kann. Wir könnten uns freilich denken, daß zu irgend einem Zwecke, z. B. bei der Verdauung oder Resorption der Nahrung, immer mehr Wasser im Verhältniß zu den Nahrungssubstanzen aufgenommen werden müßte, als im Blute neben denselben bleiben darf, und daß deßhalb die Ausscheidung desselben erforderlich wäre. Aber dazu sind ja schon die Nieren völlig ausreichend. Es erklärt uns dieß nicht, weßhalb die Menge von Schweißdrüsen sich bei den Säugethieren finden.

Als ein Vehikel von aufgelösten Excrementen können wir nun ebenfalls das durch die Haut entleerte Wasser nicht ansehen. Wir kennen namentlich bei dem Menschen, dessen Functionen in dieser Hinsicht am genauesten untersucht sind, keine Substanz, welche mit der Hautausscheidung entleert würde, auf deren Ausscheidung auf diesem Wege wir Werth legen könnten.*)

Es ist bekannt, daß die Haut des Menschen sich unter Umständen mit Feuchtigkeit mehr oder weniger bedeckt. Diese wird offenbar größtentheils durch gewisse, zahlreich in der Haut befindliche Drüsen, die Schweißdrüsen, ausgeschieden. Diese Drüsen stehen sehr reichlich,

*) Dieß scheint freilich im scharfen Widerspruch mit der medicinischen Ansicht zu stehen, welche auf die Hautausdünstung so großen Werth legt. Wir wollen indessen dieser Ansicht nicht widersprechen, sondern sehen uns nur genöthigt, sie zu umgehen. Mag die Unterdrückung der Hautausdünstung oder des Schweißes immerhin sehr schädliche Folgen haben; wir müssen darauf bestehen, daß nach unseren jetzigen Erkenntnissen diese Wirkungen unerklärt sind, daß die gewöhnlich durch die Haut ausgeleerten Stoffe uns hierüber keinen Aufschluß geben.

Fig. 150.



Schweißdrüsen des Menschen.

besonders an Stellen, welche leicht und reichlich schwitzen, wie die Stirn. Beobachtet man den Beginn der Schweißbildung, so sieht man die Flüssigkeit erst in sehr feinen Pünktchen auftreten, welche zu Tröpfchen anschwellen und dann zusammenfließen. Aehnliche Drüsen hat man auch bei mehreren Säugethieren beobachtet, während man bei Vögeln nichts dergleichen gesehen hat. Es ist nun aber nachgewiesen, daß die gesammte Wasserausdünstung der Haut beim Menschen nicht bloß von den Schweißdrüsen herrühren kann. Der Gewichtsverlust des Menschen durch die Haut, auch wenn sie trocken ist, fällt zu bedeutend aus, als daß er von einer Verdunstung bloß aus den Oeffnungen der Schweißdrüsen herrühren könnte. Es muß Wasserdampf auch von der gesammten Epidermis aufsteigen.

Dieß mußte vorausgeschickt werden, um von den Untersuchungen über den Gehalt des ausgeschiedenen Dampfes oder Wassers sprechen zu können. Man findet darin theils flüchtige, theils nicht flüchtige Stoffe. Die ersteren begleiten ohne Zweifel auch die Abdünstung von der Epidermis, während es wahrscheinlicher ist, daß die nicht flüchtigen Substanzen nur dem eigentlichen Schweiße angehören. *) Die Ausleerung der nicht flüchtigen Substanzen würde also ganz von der Zufälligkeit abhängen, ob Schweiß eintritt oder nicht, und könnte schon darum nicht für wichtig gehalten werden. Aber auch ihre Qualität macht diese Ansicht unwahrscheinlich, und dasselbe gilt für jetzt von den flüchtigen Stoffen. Die geringe Quantität von Kohlensäure, welche auf diesem Wege fortgehen kann, ist für ein Respirationsbedürfniß, wie das des menschlichen Körpers, gar nicht in Anschlag zu bringen. Die übrigen Substanzen, etwas Essigsäure oder Milchsäure, Verbindungen derselben, Chlorverbindungen, schwefelsaure Salze, Extracte u. s. w., sind sämmtlich der Art, daß sie entweder auch durch andere Wege entfernt werden können, oder selbst, daß wir eine Nothwendigkeit ihrer Ausscheidung zum Wohle des Körpers gar nicht annehmen können. Dagegen ist es offenbar, daß die Verdunstung von mehr oder weniger Wasser von der Oberfläche des Körpers ein wichtiges, in die Wärmeökonomie der Thiere eingreifendes Moment, und in dieser Hinsicht namentlich für die Homöothermen von Bedeutung ist. Je kälter die Haut und je näher ihrer Sättigung die Luft ist, um so weniger kann von der Haut abdunsten, um so weniger wird also dem Körper auf diese Weise an Wärme entzogen. Je mehr das Gegentheil eintritt, um so lebhafter wird die Verdunstung. Bei Thieren, welche zu schwitzen vermögen, tritt dann noch diese Thätigkeit hinzu; die Haut bedeckt sich mit Flüssigkeit und schafft so eine bedeutende Abkühlung selbst bei sehr warmer Umgebung. Dieß ist aber Bedürfniß solcher Thiere, da weder ihre Lebensthätigkeiten so tief sinken dürfen, daß die darauf beruhende Wärmebildung ganz unmerklich würde, noch auch ihre innere Temperatur ohne Schaden auf die Dauer gesteigert werden kann. Es ist also hier der Zweck zu erkennen, nicht daß Wasser ausgeschieden werde, sondern nur daß irgend Etwas von der Haut abdunste; dazu kann von Seiten des thierischen Organismus aus nur Wasser geliefert werden. Daß dieses bestimmte Substanzen mit sich führt, beruht wohl großentheils darauf, daß es dem thierischen Körper nach physikalischen Gesetzen unmöglich seyn wird, chemisch reines Wasser auszuscheiden. Teleologisch betrachtet sind diese Substanzen also als zufällige zu betrachten.

*) Man hat diese Unterscheidung in der menschlichen Physiologie hie und da vernachlässigt. Wir besitzen einerseits Analysen des tropfbaren Schweißes, andrerseits ungefähre Angaben über die Menge von Wasser, welche die menschliche Haut im trockenen Zustande ausdunstet. Ganz ohne Grund hat man nun angenommen, daß bei dieser Verdunstung auch ebenso viel an Salzen und anderen nicht flüchtigen Stoffen sich aus dem Körper entferne, als man in gleichen Quantitäten eigentlichen Schweißes gefunden hat.

Außer den Schweißdrüsen kommen in der Haut des Menschen noch zahlreiche Talgdrüsen vor, welche man auch bei Thieren wieder gefunden hat. Doch sind die Untersuchungen hierüber, ebenso wie über die Schweißdrüsen, noch sehr wenig ausgedehnt. Sie stehen sehr häufig mit Haarbälgen in Verbindung, so daß die Hautschmiere mit dem Haare durch dieselbe Oeffnung hervortritt. Ob mehr diesen oder den Schweißdrüsen manche eigenthümliche Gerüche zuzuschreiben sind, welche Thierspecies auszeichnen, ja selbst (für die Nase des Hundes!) Individuen kenntlich machen, ist wohl nicht zu sagen. Man kann aber diesen Gegenstand nicht berühren, ohne sich zu erinnern, wie viel die Chemie hier noch zu leisten hat. Es wird später vielleicht durch chemische Entdeckungen gelingen, neue Beziehungen zwischen der Hautthätigkeit und dem gesunden sowohl, als kranken Leben auszufinden. Für jetzt ist diese große Mannigfaltigkeit der Gerüche nicht erklärt, da man von der menschlichen Haut wohl einige starkriechende Stoffe erhält (Milchsäure, Ammoniak, Buttersäure und andere Fettsäuren), welche aber doch nicht hinreichen dürften, jedem Menschen einen besondern Geruch zu ertheilen.

Weiter ausgedehnt sind unsere anatomischen Kenntnisse über die nicht selten an einzelnen Körpertheilen von Säugethieren vorkommenden größeren Drüsen oder Zusammenhäufungen von Drüsen, von welchen mehrere ein besonderes Interesse durch den Gebrauch erhalten, welchen der Mensch von ihren Absonderungsprodukten macht, während die Rolle, welche sie in der Lebensökonomie des Thieres selbst spielen, meist durchaus unbekannt ist. Die Gegend um After und Geschlechtstheile ist namentlich bei vielen Thieren der Sitz bedeutender Drüsenmassen, welche häufig so angeordnet sind, daß eine Oeffnung auf der Haut in einen geräumigen Sack führt, dessen Wandungen überall von den Mündungen der einzelnen Drüsen durchbohrt sind, so daß der Sack den gemeinschaftlichen Behälter zahlreicher Drüsen darstellt. Aus solchen Apparaten gewinnt man **Moschus** (aus Drüsenmassen des Moschusthieres, welche vor dem Vorderende des Penis am Bauche liegen), **Bibergeil***) (aus der sackförmig erweiterten Vorhaut), **Zibeth** (aus Säcken, welche bei den Viverren zwischen After und Geschlechtstheilen liegen). Noch bei vielen anderen Thieren finden sich hieselbst Drüsenmassen. Ihre Produkte sind zum Theil auffallend durch übeln Geruch, zum Theil durch keinerlei Wirkung auf unsere Sinne bis jetzt auffallend geworden. Unter den übrigen Körpertheilen zeichnet sich noch besonders der Kopf durch häufiges Vorkommen von Drüsenmassen aus. Vorzüglich findet man deren bei Wiederkäuern, an verschiedenen Gegenden des Kopfes, einige auch bei anderen, z. B. bekanntlich bei dem Elephanten. Die Wiederkäuer bieten auch sehr gewöhnlich drüsige Säcke dar, welche an ihren Füßen zwischen die Zehenknochen sich einschieben.

Von Drüsenmassen an anderen Theilen erwähnen wir noch den bedeutenden Drüsensack auf dem Rücken der beiden Pekariarten und die Schenkeldrüsen der männlichen Monotremen, welche besonders im Schnabelthiere sich ausgebildet finden. Sie zeigen die Besonderheit hinsichtlich ihres Ausführungsganges, daß derselbe, vom Oberschenkel, wo die Drüsen liegen, am Unterschenkel hinablaufend, durch einen an der Fußwurzel befindlichen, großen hornigen Stachel ausmündet, auf eine ähnliche Weise, wie die Giftdrüsen der Schlangen durch Zähne münden.

Sehr sparsam sind die **Vögel** mit Hautdrüsen versehen, denn man kennt bei ihnen bis jetzt nur einen bedeutenden, ziemlich allgemein vorkommenden Drüsenapparat auf den Schwanzwirbeln, die sogenannte Bürzeldrüse, deren Produkt fettiger Art, von den Vögeln

---

*) Das Castoreum besteht aus einer Abschuppung der Vorhaut, durchdrungen von Harnbestandtheilen des Bibers. Es sollte also vielleicht nicht als eine eigenthümliche Secretion bezeichnet werden, insofern es möglicherweise seine auszeichnenden Bestandtheile nur einer besondern Beschaffenheit des Biberharnes verdankt. Und nach den neueren Untersuchungen von Städeler möchte der Biberharn vielleicht auch nicht so sehr durch das Vorkommen der Substanzen sich auszeichnen, welche die Eigenschaften des Castoreum bedingen, als nur durch deren besonders große Menge.

über das Gefieder beim Putzen desselben ausgebreitet wird, damit es vom Regen u. s. w. nicht durchtränkt werde. Eine andere Drüsenmasse der Vögel bildet die sog. Bursa Fabricii, die durch Lage und Anordnung an die Analsäcke der Säugethiere erinnert. Sie ist ein weiter Sack, der hinter dem Mastdarm liegt und in die Cloake einmündet.

Besondere Schweißdrüsen fehlen den Vögeln. Es scheint hiernach, daß dieselben nicht schwitzen, und eine Hautausdünstung bei ihnen nur durch die meist zarte Epidermis hindurch geschehen kann. Es würde demnach bei ihnen dieser Theil der Wärmeökonomie weniger ausgebildet seyn, die Verdunstung von der Haut weniger im Verhältniß zu den Bedürfnissen des Thieres gesteigert werden können. Man wird dabei vielleicht daran denken dürfen, daß die Vögel nach der entgegengesetzten Seite hin in ihrer Bewegungsweise ein mächtiges Mittel der Wärmeökonomie besitzen. Denn ihre Bewegung erfordert mehr Muskelthätigkeit, als die der Säugethiere, ist also von stärkerem chemischen Umsatze, stärkerer Wärmebildung begleitet. Die Differenz ihrer Wärmebildung bei lebhaft thätigem und bei ruhigem Zustande wird also größer seyn, als bei Säugethieren.

Wir können aber auch noch nach einer andern Seite hin einen Zusammenhang dieses Mangels der Schweißdrüsen mit der übrigen Organisation der Vögel uns denken, welcher auf eine Vergleichung mit den Säugethieren sich stützt.

Woher kommt das Wasser, welches Säugethiere, sobald sie in Schweiß gerathen, so reichlich aus der Haut entleeren? Zunächst natürlich aus dem Blute. Diese wichtige Flüssigkeit darf aber weder durch Wasserverlust beliebig concentrirt werden, noch ist das schwitzende Thier stets in der Lage in demselben Maße zu saufen, als es Wasser durch die Haut verliert. Deßhalb muß dieser Wasserverlust mehr oder weniger auf Kosten des Harnes geschehen, den wir in der That immer concentrirter werden sehen, wenn bei starkem Schweiße wenig getrunken wird. Es ist denkbar, daß der Harn in solchen Fällen gleich bei der Abscheidung concentrirter ist, es ist aber wohl wahrscheinlicher, daß er sein Wasser erst nach der Abscheidung durch Resorption wieder an das Blut abgibt, wenn dieß etwas weniger als seinen normalen Wassergehalt hat. Das Blut der Säugethiere ist also offenbar so gemischt (und es muß diese Mischung durch den Nahrungsinstinkt, namentlich den Durst des Thieres, stets erhalten werden), daß es im Stande ist fortwährend Wasser abzugeben. Geschieht dieß durch den Schweiß, so wird die andere stets fortlaufende Wasserausgabe durch den Harn geringer.

Bei den Vögeln ist dagegen die Harnausscheidung stets eine concentrirtere, die Substanzen, welche im Momente des Eintritts in die Drüsenkanälchen der Niere nothwendig aufgelöst seyn mußten, krystallisiren alsbald wieder aus, und bei der Ausleerung ist der Harn der Vögel eine feste Masse oder ein Brei, welcher mit dem Darmkothe zusammen die Cloake verläßt. In eine so eingerichtete Harnausscheidung passen also bedeutende Veränderungen in der Richtung des Wasserverlustes, wie sie bei schwitzenden Thieren Statt finden, gar nicht hinein. — Daran knüpft sich denn wieder die Betrachtung, daß eine solche Art der Harnausscheidung, wie sie die Vögel haben, sich mit dem complicirten Baue der Harnwerkzeuge der Säugethiere, mit dem Vorhandenseyn der Harnblase namentlich und einer oft langen Harnröhre nicht vereinigen lasse. Die Entleerung eines großentheils krystallisirten Harns würde auf solchen Wegen nicht geschehen können. Der Harn der Säugethiere muß völlig flüssig oder doch höchstens eine trübe Flüssigkeit seyn, er darf nie breiartig werden. — Wir sehen endlich in diesen vereinfachten Einrichtungen der Vögel wieder ein Mittel, den Körper dieser Thiere im Verhältnisse zu anderen leicht zu machen und so ihre Bewegungsweise zu ermöglichen. Sie sind leichter, sowohl um die Menge Wasser, von welcher die Rede war, als auch um die Organe, welche mit der Hinausschaffung dieses Wassers zusammenhängen.

Aus diesen Verhältnissen, namentlich dem concentrirten Harne der Vögel läßt sich also auch eine Wahrscheinlichkeit folgern, daß die bis jetzt bei den Vögeln nicht gefundenen Schweißdrüsen auch in Zukunft nicht zu finden seyn werden oder doch an Verbreitung unter dieser Klasse, an Häufigkeit und Ausbildung, an Bedeutsamkeit der Function hinter den

Schweißdrüsen der Säugethiere zurückstehen müssen. Hier bemerken wir aber, daß in einer andern Hinsicht die Wasserausscheidung der Vögel unter ähnlichen Bedingungen wie bei den Säugethieren steht. Wir meinen die Wasserausscheidung durch die Lungen, welche bei der Athmung nochmals erwähnt werden muß. Sie ist bei homöothermen Thieren beträchtlich und gewiß sehr veränderlich, dabei aber in höherem Grade von äußeren Bedingungen abhängig, als der Wasserverlust der Haut, welcher wesentlich auf dem Zustande dieses Organes beruht. Die wenigen Untersuchungen, welche wir über diesen Gegenstand besitzen, gestatten die Annahme, daß die ausgeathmete Luft bei den homöothermen Thieren nahezu die Wärme der inneren Körpertheile besitzt und nahezu mit Wasser gesättigt ist. Gehen wir aber davon aus, so beruht die Menge von Wasser, welche sie dem Körper entzieht, auf dem absoluten Wassergehalte der eingeathmeten Luft. Da aber die kalte Luft nicht so viel Wasser führen kann als die warme, so ist hier der Wasserverlust bei kalter Luft durchschnittlich größer als bei warmer, und ist natürlich da am größten, wo eine kalte Luft zugleich weit von der Sättigung mit Wasserdampf entfernt ist. Daher ist es sehr erklärlich, woher bei Ostwind im Winter die Vermehrung des Durstes kommt. Es scheint nun offenbar, daß die Säugethiere, bei welchen immer, bald durch die Haut, bald durch die Nieren viel Wasser verloren geht, sich auch den wechselnden Bedürfnissen, welche aus dem verschiedenen Verlust durch die Lunge entstehen, um so leichter werden anpassen können, als ein starker Verlust durch Haut und Lungen nicht leicht gleichzeitig eintreten wird. Es mag vielleicht auch hierauf beruhen, daß Säugethiere und namentlich der Mensch im Stande sind, in so sehr wechselnden Luftzuständen auszuharren, während sich die Vögel durch ihre Lebensweise und namentlich durch den Zug, den größeren Schwankungen der Temperatur (folglich auch des absoluten Wassergehaltes der Atmosphäre) zu entziehen vermögen.

Eine große Empfindlichkeit für atmosphärische Zustände hat man den Vögeln immer zugeschrieben, und wenn in dem eben Gesagten auch nur ein kleiner Theil davon erklärt seyn sollte, so möchte sich doch daraus ergeben, wie gewisse atmosphärische Zustände in der That heftiger auf sie, als auf Säugethiere wirken können, so wie auch, daß es für ihre Existenz wesentlich seyn wird, von gewissen Zuständen der Luft ein Gefühl zu haben, um sich schädlichen Einflüssen entziehen zu können, welche das Säugthier wohl ertragen kann.

Unter den **Reptilien** zeichnen sich namentlich die sog. nackten durch reiche Ausstattung der Haut mit Drüsen aus. Bekannt ist die durch Drüsenbälge warzig erscheinende Haut mancher Kröten, leicht sichtbar die Drüsenreihen an der Haut der Salamander, das weiße Secret, welches aus denselben entleert wird. Bald größer bald kleiner, zahlreicher oder seltener kommen aber solche Drüsen an sehr vielen nackten Amphibien vor. Sie produciren, wenigstens in vielen Fällen, ein scharfes Gift und können dasselbe, wie es scheint, mit einiger Gewalt ausschleudern. Wenigstens habe ich mit Anderen gemeinsam gefunden, daß das Gift auf unsere Nasen heftig reizend wirkte, wenn wir Theile lebender Tritonen unter der Loupe untersuchten. Möglicherweise hätte jedoch auch ein flüchtiger Stoff die Ursache dieser Wirkung seyn können, zumal jene Thiere, wie auch manche Krötenarten (z. B. Bombinator) einen ganz specifischen Geruch besitzen. Unmittelbare Berührung des Thieres mit der Nase war jedenfalls nicht nöthig, um diese Affection zu erleiden, welche sich durch Rothwerden der Nase, heftiges Jucken und Niesen aussprach. Daß diese Säfte den Thieren ein Schutz sind gegen manche Feinde, kann ich zum Theil mit eigener Beobachtung belegen. Junge, hitzige Hunde ergreifen wohl einmal ein solches Thier, lassen es aber alsbald wieder fahren und geben durch unzweideutige Geberden zu erkennen, daß die Berührung eine sehr widerwärtige war. Ein junger Neuntödter, den ich im Käfig hielt, stieß mit großer Wuth auf einen vorgeworfenen Triton, verließ ihn aber sogleich wieder und konnte des Schnabelputzens kein Ende finden. Auch hat Leuckart gefunden, daß Tritonen bald sterben, welche sich mit einem Bombinator zusammen eingesperrt befinden. Dagegen sah ich, daß ein Blutegel einen Triton angriff und durch die heftigsten Bewegungen des angebissenen Thieres sich nicht abschütteln ließ.

Auch bei den Sauriern und Krokodilen finden sich viele Drüsen in der Haut. Bei den ersteren namentlich häufig an der Innenseite der Oberschenkel der Hinterbeine, auch wohl an den Vorderbeinen. Ueber die Secrete ist wenig bekannt. Einige größere Drüsen der Krokodile liefern einen moschusartig riechenden Stoff. Von den Geckonen ist es bekannt, daß sie im Rufe stehen, Speisen, über welche sie laufen, zu vergiften, was also ein giftiges oder doch wenigstens scharfes Secret andeuten würde. — Auch bei Schildkröten hat man kürzlich einige Hautdrüsen gefunden, welche in dem biegsamen Theile der Bedeckungen, in der Nähe der Schenkel münden, also wohl dazu dienen, diese derbe Haut geschmeidig zu erhalten. Es ist nachgewiesen, daß ihre Entwicklung nicht im Verhältniß zur Geschlechtsthätigkeit steht, welche Ansicht in Beziehung auf manche Hautdrüsen sowohl bei Reptilien als auch bei Säugethieren wohl aufgestellt worden ist, welche aber nur gelten kann, wenn es bewiesen oder mindestens nicht widerlegt ist, daß sie mit erlangter Geschlechtsreife und besonders zu Brunstzeiten in erhöhte Thätigkeit gerathen, was bei den erwähnten Drüsen der Schildkröten nicht der Fall ist.

Bei den Fischen vertritt sehr natürlich ein schleimiger Ueberzug die Stelle des fettigen, welchen Haut, Haare und Federn der Säugethiere und Vögel darbieten. Dieser Schleim wird ohne Beihülfe von Drüsen auf der Haut gebildet. Früher glaubte man in ihm das Produkt eines besondern, sehr eigenthümlichen Apparates zu sehen, welcher bei einigen Fischen in der Form von Säckchen, viel häufiger aber in der Form von ansehnlichen Kanälen vorkommt. Besonders gemein ist das Vorkommen eines Längskanales an jeder Seite des Fisches, welcher durch kleine Röhrchen sich auf der Haut mündet. Die Linie, in welcher die Oeffnungen der Seitenkanäle liegen, bietet manchfache Angriffspunkte für die beschreibende Zoologie dar, indem sie in Lage und Form manchfach variirt. Die Kanäle selbst stehen am Schädeltheile oft in innigeren Beziehungen mit knöchernen Gebilden u. s. w., sind auch sehr allgemein durch einen Reichthum eigenthümlich verlaufender Nerven und Blutgefäße ausgezeichnet. Ueber die Bedeutung dieses Apparates sind wir ohne alle Anhaltspunkte, obgleich man neuerlich vermuthet hat, daß er ein besonderes — ? — Sinnesorgan darstelle.

Die Hautdrüsen der wirbellosen Thiere stehen an Manchfaltigkeit der Formen und Beziehungen den eben betrachteten Gebilden in keiner Weise nach. Theils sind hier, mit Ausnahme der besonderen Beziehung zwischen Ausdünstung und Homöothermie, welche wir namentlich bei den Säugethieren erkannten, dieselben Bedürfnisse geblieben, wie dort, theils treten mit den mancherlei neuen Lebensäußerungen körperlicher und instinctiver Art noch neue Bedürfnisse auf, denen zum großen Theil durch ähnliche Einrichtungen genügt ist. Schon die Arthropoden zeigen uns Beispiele dieser Art. Die wunderbaren Kunsttriebe der Bienen, Spinnen u. s. w. würden sich nicht in der bekannten Weise äußern können, wenn diese Thiere nicht die Fähigkeit besäßen, auf ihrer Haut das Wachs, Spinnmaterial u. s. w. abzusondern. Aber auch hier ist die Absonderung von Stoffen aus der Haut nicht ausschließlich an die Existenz von besonderen Drüsen gebunden. Die ganze Haut an sich ist ein Absonderungsorgan, durch das beständig wässrige und gasförmige Substanzen nach außen verloren gehen. Allerdings ist solches für die Arthropoden noch nicht, wie für manche Wirbelthiere, durch directe Untersuchungen nachgewiesen, allein trotzdem dürfen wir es wohl als eine feststehende Thatsache annehmen. Es wird später noch erwähnt werden, wie bei vielen im Wasser lebenden Arthropoden diese Abscheidungen ausschließlich den Respirationsproceß unterhalten. Auch bei den in der Luft lebenden Arthropoden dürfen wir dieselben nicht in Abrede stellen, obgleich man sich von ihrer Nothwendigkeit nicht so unmittelbar überzeugen kann.

Der gesammte Panzer der Arthropoden ist von einer Flüssigkeit durchdrungen, der er manche seiner physikalischen Eigenschaften, seine Elasticität u. s. w. verdankt, durch die auch namentlich die Geschmeidigkeit der Verbindungshäute in den einzelnen Gelenken erhalten ist, da besondere Drüsen, die sich etwa den Talgdrüsen der Wirbelthiere u. s. w. anschlößen, hier

fehlen. Ohne diese Flüssigkeit würden nicht bloß die Bewegungen der Thiere gehemmt seyn, es würde auch der Panzer zu sehr abgenutzt werden. Allerdings mag dieselbe nicht überall in gleicher Menge in der Hautbedeckung der Arthropoden vorhanden seyn, und besonders bei den mit einem festen und dicken Panzer versehenen Thieren weniger betragen, als bei den Dünnhäutigen. Doch die ersteren halten sich meist nur im Wasser und an feuchten Orten, unter Steinen, Pflanzen, in modernden Substanzen u. s. w. auf und mögen dann durch die äußere Feuchtigkeit dem innern Mangel abhelfen. Entfernt man solche Thiere von ihren Wohnplätzen, so trocknen sie allmälig auf, werden steif, ungelenkig und sterben endlich, offenbar zum großen Theil wegen des Verlustes des im Panzer enthaltenen, aus dem Blute stets ersetzten Fluidums.

In vielen Fällen ist übrigens diese durch die Haut abdunstende Masse nicht bloß ein wässriger Dunst mit Salzen u. s. w. Häufig ist dieselbe durch einen größeren Gehalt von festen Stoffen ausgezeichnet, die dann auf der äußern Hautfläche erstarren und hier (wie bei manchen Blattläusen u. a.) zu einer Art Federn, Wolle oder Haaren werden. Aehnliche Substanzen sind es auch wahrscheinlich, durch welche sich die Cirripedien und manche Milben während der Verwandlung an fremden Gegenständen festsetzen.

In derselben Weise, ohne besondere Drüsen, wird auch das Wachs der Honigbienen abgesondert. Es tritt zwischen den dachziegelförmig über einander liegenden Bauchschienen des Hinterleibes durch die Verbindungshaut hindurch und sammelt sich hier in Form von kleinen Schüppchen an, die mit Hülfe der Mandibeln weiter verarbeitet werden. Nicht alle Bienen sind übrigens im Stande, Wachs zu bereiten, nicht einmal alle, die, wie die Honigbienen, Nester bauen. Viele andere Arten, schon die Wespen, bedienen sich zu diesem Zwecke fremder Substanzen (namentlich eines Geschabsels von Holz), die sie durch eine klebrige Masse zusammenkitten. Und diese letztere wird wohl meistens nicht durch die Haut abgesondert, wie das Wachs, sondern aus dem Oesophagus erbrochen. — Zum großen Theil wird dieser Unterschied durch die Verschiedenheit der Nahrung bei den Bienen bedingt. Nur bei sehr reichlicher Honignahrung ist eine reichliche Wachsbereitung möglich (der deutlichste Beweis der direkten Umwandlung von Zucker in Fett durch den thierischen Organismus!), nur dann, wenn die Menge dieses Nahrungsmittels die individuellen Bedürfnisse übersteigt. Nach neueten Untersuchungen sind übrigens die Bienen nicht die einzigen Insekten, die Wachs bereiten. Auch der oben erwähnte Ueberzug des Körpers bei manchen Blattläusen soll daraus bestehen. Selbst bei einigen Fleischfressern (Libellen, Wasserwanzen) soll der Körper mit einer dünnen Schicht staubförmigen Wachses bedeckt seyn.

Doch auch an besonderen durch die Haut ausmündenden Drüsen sind die Arthropoden, namentlich die Insekten und anderen luftathmenden Gruppen, nicht arm. — Viele solcher Drüsen sondern ein Secret von öliger Beschaffenheit ab, das einen eignen, oft sehr specifischen, angenehmen oder unangenehmen Geruch verbreitet, hier und da auch durch seine reizenden Eigenschaften zu einer therapeutischen Verwendung (z. B. bei den spanischen Fliegen) Veranlassung gegeben hat. Diese Drüsen, deren Entwicklung zum Theil durch das Schutzbedürfniß, zum Theil auch durch anderweitige (besonders geschlechtliche) Zwecke bestimmt seyn mag, sind, wie es scheint, in allen Fällen einfache Schläuche oder Beutel, die an den verschiedensten Stellen (bei den Wanzen zwischen den Hinterbeinen, bei den Juliden u. a. Tausendfüßlern zu den Seiten der Körperringe, bei den Dytisciden u. a. in den Gelenken des Prothorax, bei Meloe, Coccinella in den Kniegelenken u. s. w.) ausmünden. — Andere Absonderungsprodukte sind durch die Anwesenheit einer freien Säure (meist wohl Ameisensäure) ausgezeichnet. Diese haben dann eine scharfe, ätzende oder giftige Beschaffenheit und sind mitunter so flüchtig, daß sie (bei den Bombardierkäfern) in Gasform explodiren, sobald sie mit der Luft in Contact kommen. Ueber die Bedeutung dieser Produkte für die Erhaltung des individuellen Lebens können wir nicht in Zweifel seyn. Sie bieten den schutzbedürftigen Insekten ein wirksames Mittel zur Vertheidigung, den räuberischen Arten zum Angriff. Diesem Zwecke können sie um

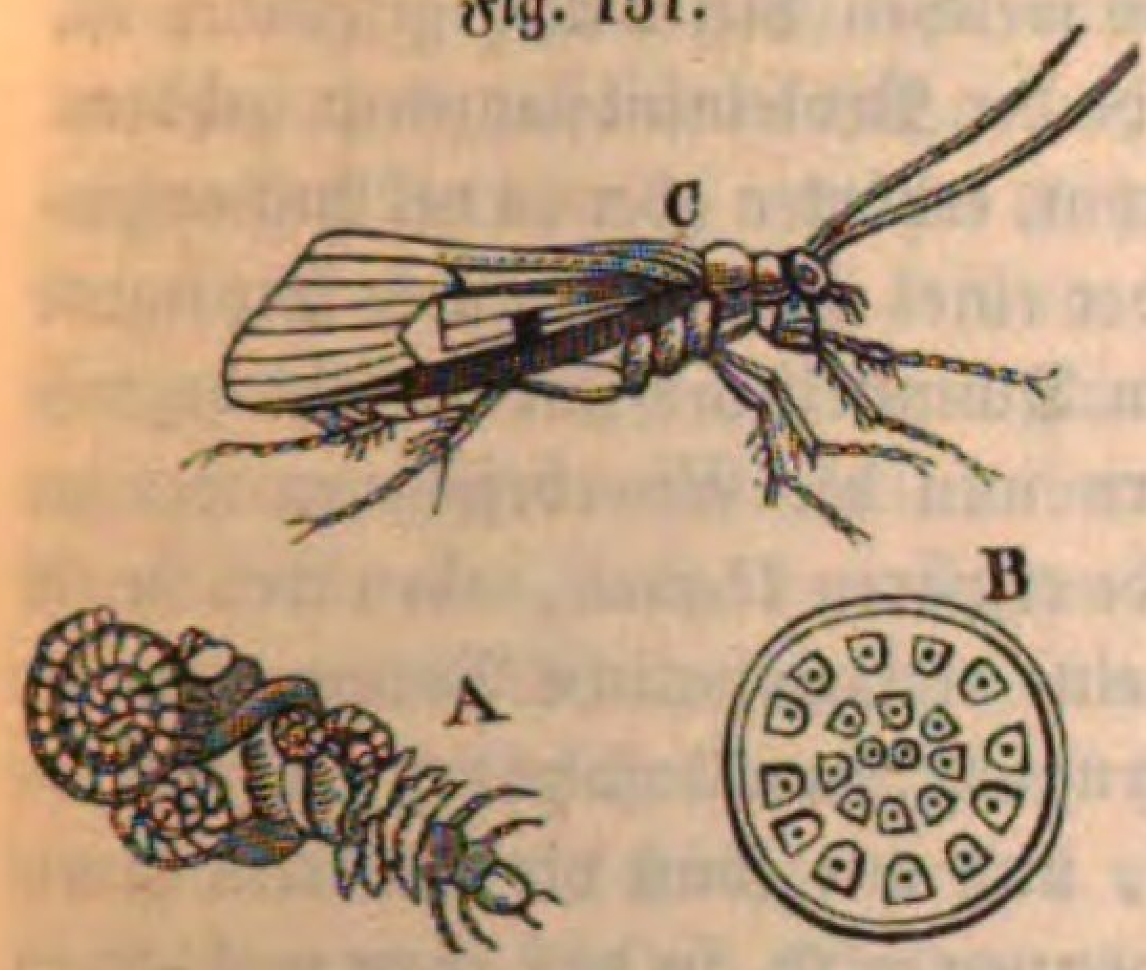
so vollkommener entsprechen, als ihre Ausführungsgänge nicht selten mit einer Vorrichtung zum plötzlichen Hervorschnellen des Secrets versehen sind (Raubkäfer), oder mit besonderen spitzigen Anhängen des Körpers in Verbindung stehen (Scorpione, Bienen, Processionsraupen), die dadurch dann zu gefährlichen Waffen werden. — In der Regel liegen die zur Absonderung dieses Secrets bestimmten Drüsen als paarige (seltener unpaarige), meist verästelte Kanäle oder einfache Schläuche (Scorpion) in dem Hinterleibsende und münden neben dem After nach außen (vergl. Fig. 95). Wo eine äußere Waffe fehlt, da erweitert sich der Ausführungsgang vorher gewöhnlich zu einem beutelförmigen Behälter mit starker Muskelhülle. Weit seltener ist es, daß sie als zahlreiche kleine Beutel über die ganze Haut gleichmäßig sich verbreiten, wie bei den Processionsraupen, wo sie je an der Basis eines Haares vorkommen und an den Spitzen derselben ausmünden. Bei den Bienen beschränken sich diese Drüsen auf die Weibchen, die auch allein einen Stachel (Legröhre) haben (der aus mehreren Stücken besteht und durch die Metamorphose der letzten Abdominalsegmente entstanden ist). Sie bedürfen dieser Waffe auch weit mehr, als die Männchen, weil sie bei ihrer Fürsorge für die junge Brut, bei dem Herbeischaffen der Nahrung für diese (die bei den Grabwespen sogar aus gefangenen und halb getödteten Fliegen, Raupen u. dgl. besteht) wohl weit mehr den Angriffen ihrer Feinde ausgesetzt sind. In anderen Fällen, wo die Giftdrüsen der Arthropoden eine ausschließliche Beziehung zur Nahrungsaufnahme haben, liegen dieselben in der unmittelbaren Nähe der Mundöffnung. So namentlich bei den Spinnen, wo sie einen länglichen durch die Mandibeln ausmündenden Beutel darstellen, so auch bei den Scolopendern, wo sie mit den vordern in ein Klauenpaar verwandelten Thoracalbeinen in Verbindung getreten sind. Man könnte sie bei solcher Lage leicht mit den Speicheldrüsen verwechseln, die ja gleichfalls hier und da (bei Mücken, Wanzen u. s. w. — s. oben) ein ähnliches ätzendes Secret zu bereiten scheinen.

Eine dritte Gruppe von Drüsen umfaßt die sog. **Spinnorgane** der Insekten. Ihrem wesentlichsten Theile nach bestehen diese aus einem absondernden Apparate, dessen Secret eine zähe, fadenziehende Flüssigkeit ist und an der Luft zu einer silberglänzenden Masse erhärtet. Unter den sechsfüßigen Insekten finden sich solche Drüsen nur bei den Arten mit einer vollkommenen Metamorphose und auch bei diesen nicht überall und nur während des Larvenzustandes. Sie bestehen hier aus zwei symmetrischen, mehr oder minder langen und umfangreichen Blinddärmen, die in den Seiten des Körpers neben dem Oesophagus gelegen sind und einen sehr engen Ausführungskanal besitzen. Die Mündung desselben ist auf einer kurzen röhrenförmigen Hervorragung an der Unterlippe gelegen. Nur die Larve des Ameisenlöwen macht hier insofern eine Ausnahme, als bei ihr der weite Mastdarm, der gegen den blind geendigten Magen sich absetzt, gleich einem Drüsensack das Spinnmaterial liefert.

Nur selten führen diese Apparate während des ganzen Larvenlebens ihr Secret nach außen aus. Wo solches geschieht, da dient dasselbe gewöhnlich zum Aufbau eines röhrenartigen Gehäuses aus allerlei fremden Körpern (wie bei den Phryganeenlarven und einigen Raupen) oder zum Austapeziren der in der lockern Erde gegrabenen Wohnung (wie bei den Ameisenlöwen), oder zum Ueberspinnen von glatten Flächen u. s. w. In der Regel weben die Insektenlarven nur vor dem Eintritt der Puppenperiode, wo die Spinndrüsen die größte Entwicklung darbieten. Sie bilden dann aus dem Secrete dieser Drüsen gewöhnlich ein mehr oder minder vollkommenes und dichtes Gehäuse, in dem sie sich einschließen, um die Zeit der Verwandlung ungestört zu verbringen, wie z. B. der Seidenwurm, dessen Gespinnst wir so hoch achten. Andere verschließen damit die Höhle, in der sie früher lebten (so auch die Phryganeenlarven), während noch andere bloß einen einzigen Faden spinnen, mit dessen Hülfe sie sich an fremden, meist über den Boden erhabenen Körpern (Stengeln, Mauern u. s. w.) befestigen.

Die Bedeutung des Spinnapparates für das Leben dieser Geschöpfe läßt sich leicht einsehen. Durch ihn bekommen sie ein Mittel, zu einer Zeit des Lebens sich gegen äußere Ein-

Fig. 151.



A Phryganeenlarve mit Gehäuse; *B* siebförmig (zum Eintritt des Wassers) durchlöcherter Deckel des Gehäuses bei der Phryganeenpuppe; *C* ausgebildetes Thier.

Phryganea.

Fig. 152.



Wohnung der Raupe von **Tortrix viridissima.**

griffe zu schützen, wo sie bei dem Mangel einer vollkommenern Locomotion jedem Feinde preisgegeben seyn würden. Darnach ist es denn auch erklärlich, warum den Insekten mit unvollständiger Metamorphose derartige Gebilde ohne weitern Nachtheil fehlen können. Wo sie auch im andern Fall mangeln, da werden sie gewiß durch den verborgenen Aufenthalt, durch eine festere Körperbedeckung u. s. w. hinlänglich ersetzt seyn. (Eine anderweitige Beziehung der Gespinnste zu der Locomotion mancher schwer beweglichen Insektenlarven werden wir später noch berühren.) Im ausgebildeten Zustand besitzen unter den Arthropoden nur die echten Spinnen derartige Apparate. Auf den ersten Blick scheint dieser Umstand sehr auffallend; es scheint, als ob hier die Anwesenheit dieser Theile durch andere Motive bedingt sey; allein bei näherer Berücksichtigung wird dennoch ein ähnlicher Zusammenhang sich herausstellen. Die Spinnen, die durch eine verhältnißmäßig geringe Festigkeit ihres Panzers sich auszeichnen, werden des äußern Schutzes durch ein Gespinnst um so mehr bedürfen, als ihre locomotorische Fähigkeit bei dem Bau der Extremitäten und des Körpers sehr häufig eine geringere ist, als in den übrigen Arthropoden. Dazu kommt, daß diese Thiere eine räuberische Lebensweise führen, die mit einer unbehülflichen, schwerfälligen Locomotion sich nicht vereinigen lassen würde, wenn die Spinnapparate keine Gelegenheit böten, auf eine leichte Weise in den Besitz ihrer Beute zu kommen.

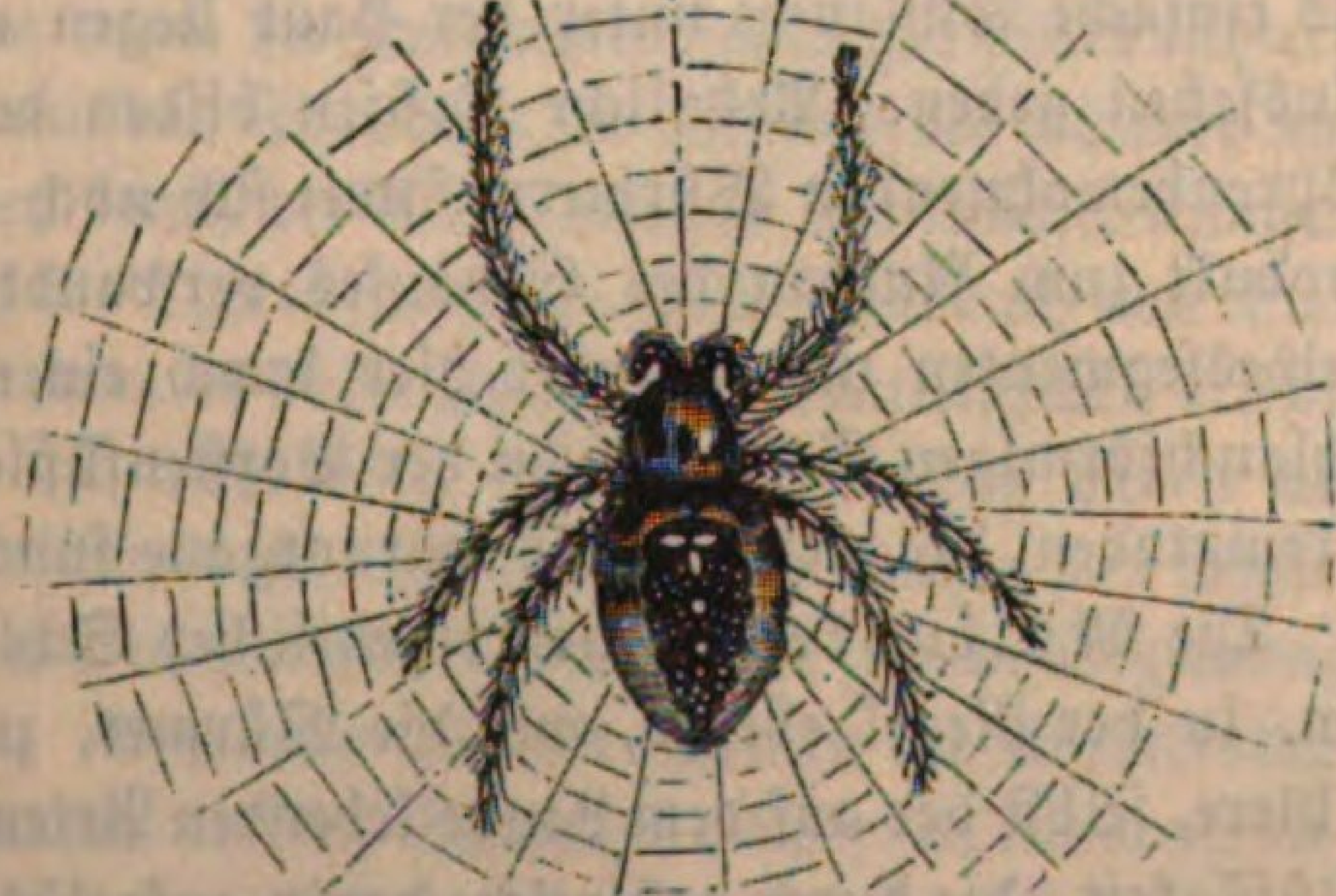
Wir überzeugen uns auf solche Weise, daß die Spinnapparate den Araneen um so wichtiger und unentbehrlicher sind, als die Locomotion derselben an Schnelligkeit, Energie und Manchfaltigkeit abnimmt. Es ist auch ein allgemeines Gesetz, daß die Entwicklung dieser Drüsen hiermit in einem geraden Verhältnisse steht. Die schnelllaufenden Spinnen, die ihre Beute noch jagen können, bedürfen des Spinnmaterials nur zum Einhüllen ihrer Eier, andere, die

Fig. 153.



Erdloch einer Mauerspinne, **Cteniza cementaria,** mit beweglichem Deckel.

Fig. 154.



Kreuzspinne mit Radgespinnst.

ihre Beute aus dem Hinterhalte überfallen, brauchen es, sich eine Wohnung zu bereiten, noch andere endlich, und gerade die unbehülflichsten, bedienen sich desselben zum Aufstellen eines

mehr oder minder künstlichen Netzes. Die Fäden, aus welchen dieses Netz gesponnen ist, scheinen ihrer chemischen Beschaffenheit nach in die Reihe der Proteinsubstanzen zu gehören. Sie kommen gleichfalls als Flüssigkeit aus der Drüse hervor, erhärten aber an der Luft augenblicklich. Sey dieß nun die Folge einer Oxydation oder eines Wasserverlustes, kurz irgend einer Einwirkung der Luft, es wird bei der ungemeinen Dünnheit des Fadens sehr begreiflich seyn, wie diese so schnell erfolgen kann. Insofern nun die Gewebespinnen weniger zum Erjagen der Beute geeignet sind, sich auch dasselbe ersparen können, eben weil sie ein Gewebe haben, so liegt es nahe, daß es sich hier um eine ungewöhnliche Verwendung der Nahrung handelt. Was sonst, bei größerer Muskelanstrengung, zum Ersatze der verbrauchten Muskelmasse nöthig ist, wird hier als Netz versponnen, und wie sonst die Muskeln hauptsächlich es sind, durch deren Thätigkeit die Nahrung gewonnen wird, so daß man wohl sagen kann, sie verdienen sich ihren Unterhalt, so läßt sich hier dasselbe vom Netze sagen: es vermittelt den Fang, muß aber auch aus dem Nahrungsstoffe errichtet, ausgebessert, erneuert werden.

Die Lage der Spinndrüsen bei den Araneen ist ganz allgemein in dem geräumigen Hinterleibe, wo sie oft einen sehr großen Raum einnehmen und die Schwere des Körpers beträchtlich vergrößern. Sie erscheinen als Beutel und einfache oder verzweigte Blinddärme von verschiedener Zahl und Anordnung, die neben dem After auf den sogenannten Spinnwarzen, ausmünden. Gewöhnlich sind mehrere dieser verschiedenen Drüsenformen, die auch vielleicht ein etwas verschiedenes Secret liefern, in demselben Thiere vereinigt. Die Spinnwarzen, meist sechs an der Zahl, sind stumpfe neben einander stehende, bewegliche Kegel, die am äußern Ende durch eine große Menge von kleinen röhrenförmigen Oeffnungen durchbohrt werden. Bei der gewöhnlichen Kreuzspinne beträgt die Menge dieser Oeffnungen bis an 1000, bei anderen, namentlich kleineren Arten weniger. Durch diese Oeffnungen nun tritt der Spinnstoff in eben so vielen sehr zarten und feinen Fäden hervor, die sich dann zu einem stärkern Faden vereinigen, mit dem die Spinne ihr Gewebe bereitet. Erst 14000 dieser letzteren sind (wenigstens in manchen Arten) so dick wie ein gewöhnlicher Nähfaden!

Weit seltener als bei den Arthropoden sind besondere durch die Haut ausmündende drüsige Gebilde bei den Würmern. Trotzdem aber dürfen wir auch hier eine beständige Abscheidung durch die äußere Haut eben so wenig leugnen, als bei den Krebsen u. s. w. In manchen Fällen, wo die Menge dieser Absonderungsprodukte beträchtlicher wird, können wir von der Anwesenheit derselben uns sogar direkt überzeugen. So namentlich bei den mit einer zelligen Epidermis versehenen Strudelwürmern, die beständig von einer dicken Schleimschicht überzogen sind, ohne daß wir dabei eigene Schleimdrüsen auffinden könnten. Wie es scheint, lösen sich hier die Epidermoidalzellen, die sonst in unverändertem Zustand abgestoßen werden, in den durch dieselben hindurchtretenden Flüssigkeiten zu einer schleimigen Masse auf. Andere Würmer, wie z. B. die Blutegel, besitzen auch besondere Schleimdrüsen, die als einfache Schläuche unter der Haut liegen und der Oberfläche nicht selten ein warziges Aussehen geben. Aehnliche Drüsen bilden den sog. Sattel der Regenwürmer. Bei den röhrenbewohnenden Würmern findet sich noch eine besondere Drüse, deren Absonderungsprodukt zum Aufbau des Gehäuses verwandt wird. Sie liegt gewöhnlich in den ersten Leibessegmenten und mündet hier durch einen kurzen Ausführungsgang nach außen. Die schlauchförmigen Seitendrüsen der Borstenfüßler, sowie die gefäßartig verästelte Drüse der Trematoden, die vielleicht als Harnorgane functioniren, werden wir später berücksichtigen.

Die Mollusken pflegen eigentlicher Schleimdrüsen, welche die Haut schlüpfrig erhalten, in der Regel ebenso, wie die Würmer, zu entbehren. Und dennoch ist die Haut dieser Thiere, selbst der auf dem Lande lebenden Arten, beständig feucht von einer durchschwitzenden Flüssigkeit, die durch zahlreiche darin aufgelöste Epithelialzellen eine schleimige Beschaffenheit angenommen hat. Der Nutzen dieser Schleimabsonderung bei den Mollusken ist leicht einzusehen. Nicht bloß daß sie der Haut ihre physikalischen Eigenschaften gibt, ihre Weichheit und Geschmeidigkeit, die sehr wichtig sind, da die Locomotion eine manchfaltige Faltung und

Runzelung der Haut nach den verschiedensten Richtungen nothwendig macht; sie gereicht derselben auch zu einer schützenden Hülle und verhindert die schnelle Abnutzung bei der beständigen Berührung mit der Schale, namentlich in den Gehäuseschnecken. Aus diesem Grunde ist auch die Schleimabsonderung am vordern Körperende, wo der Lippenrand des Gehäuses und die Spindel beim Zurückziehen und Hervorkriechen die Hautbedeckung streift, am ansehnlichsten. Namentlich bei den Kammkiemern, bei denen sich von der Decke der Mantelhöhle eine Reihe von Falten erheben, die, ohne besondere drüsige Apparate, eine außerordentliche Menge Schleimes ausschwitzen.

Bei den Landschnecken erstreckt sich ein gerader Kanal durch die Länge des Fußes, in den zahlreiche Drüsenbälge rechts und links einmünden. Er öffnet sich durch eine weite Oeffnung unterhalb des Mundes und liefert ebenfalls ein schleimiges Secret, welches beim Kriechen durch die nach vorn vorschreitenden Bewegungen des Fußes, sonst auch wohl durch Hülfe eines Flimmerepitheliums, entleert wird und den Weg der Schnecken als eine glänzende Bahn bezeichnet. Es scheint, als ob diese Masse gleich dem Gespinnst bei manchen Raupen für die Locomotion eine besondere Bedeutung habe. Es ist wenigstens offenbar, daß ein solcher Schleimüberzug, wie er durch sie der unterliegenden Fläche sich mittheilt, einen sandigen oder auch sehr glatten Boden vom Kriechen sehr zweckmäßig herrichten wird. Auch kleben die Schnecken durch diesen schleimigen Ueberzug ihres Körpers insoweit den Flächen, auf welchen sie sich fortbewegen, an, daß ihnen dadurch das Hinaufsteigen an Pflanzenstengeln u. s. w. möglich wird. Durch derartige Beziehung zur Locomotion und selbst durch die Lage erinnert dieser Apparat an die Byssusdrüse mancher Bivalven, deren wir später nochmals gedenken müssen. — Zur Vergrößerung der Schale sind bei den meisten Mollusken, wenigstens bei den Schnecken, noch besonders kleine Drüsen vorhanden, die ein sehr kalkreiches Secret liefern. Sie finden sich vornämlich im Mantelsaume, bei Argonauta in den Endlappen der beiden Fangarme, die nicht, wie man früher meinte, bei der Locomotion nach Art der Segel gebraucht werden, sondern das Gehäuse bereiten. Wo die Schale eine innere ist, scheinen sie nur dann anwesend zu seyn, wenn diese, wie bei Sepia, durch Größe und Kalkgehalt sich auszeichnet. Die Acephalen entbehren der Kalkdrüsen. Ihre Stelle vertritt eine ansehnliche Zellenschicht auf der Oberfläche der Mantellappen. — Gleich diesen Kalkdrüsen haben auch besondere Pigmentdrüsen bei den Schnecken eine ziemlich weite Verbreitung. Sie sondern ein farbiges Secret ab, welches sehr häufig mit dem Absonderungsprodukt der Kalkdrüsen sich mischt und dadurch die manchfach variirende Färbung der Muschelschalen bedingt. Aber auch da fehlen diese Drüsen nicht immer, wo eine Schale abwechselnd ist, wie bei manchen nackten Schnecken. An diese Pigmentdrüsen schließt sich der Tintenbeutel der Cephalopoden, ein birnförmiges Gebilde mit langem Ausführungsgang, das in der Leibeshöhle gelegen ist und neben dem After in den sog. Trichter ausmündet. Das Secret, das unter dem Namen der Sepia bekannt ist und als Farbe gebraucht wird, kann durch die Zusammenziehungen des Trichters nach außen hervorgespritzt werden und färbt dann das Seewasser im Umkreis des Thieres mit dunkler Farbe. Daß diese Substanz dazu dienen kann, die Cephalopoden den Nachstellungen ihrer Feinde zu entziehen, ist ersichtlich, und daß die Thiere für solche Fälle Gebrauch von ihrer Tinte machen, wird um so wahrscheinlicher, da man es beim Fange von Tintenfischen erlebt, daß sie ihren Angreifer bespritzen. Dennoch ist wohl nicht anzunehmen, daß damit die ganze Bedeutung des betreffenden Apparates erschöpft ist. Auch über den Nutzen der sonstigen Pigmentdrüsen wissen wir wenig, wenn auch immerhin vielleicht eine gleiche Beziehung zum Schutzbedürfniß sich nicht verkennen läßt. Aehnliche Motive scheinen die Anwesenheit einer besondern traubenförmigen Drüse bei manchen nackten Schnecken (Aplysia, Pleurobranchus) zu rechtfertigen, die hinter der Kieme gelegen ist und neben den Geschlechtsorganen ausmündet. Das Secret soll eine ätzende Eigenschaft besitzen.

Bei den übrigen Wirbellosen, den Echinodermen, Medusen und Polypen, wie den Protozoen, scheinen besondere Absonderungswerkzeuge der Haut durchgehend zu

fehlen. Trotzdem aber liefert die Haut, namentlich da, wo sie nicht vollkommen, wie bei den Seeigeln u. a., verkalkt ist, ein schleimiges Secret und oft in einer sehr reichlichen Menge. In manchen Fällen erstarrt dasselbe, um dann ein äußeres Gehäuse, bald allein, bald mit Hülfe von fremden Körpern, zu bilden. (S. bei den Bewegungswerkzeugen.) Es ist übrigens sehr zweifelhaft, daß die Bildung eines mechanischen Schutzes die einzige Aufgabe dieser Secretion ist. Auch nicht die Erhaltung bestimmter physikalischer Eigenschaften der Haut. Wir dürfen mit Sicherheit annehmen, daß diese Abscheidungen auch noch unmittelbar in mancherlei physiologische Processe, und nicht bloß den der Athmung, weit tiefer eingreifen, als es wohl sonst, bei den höheren Thieren, der Fall ist. Namentlich scheint die excrementielle Bedeutung dieser Absonderungsprodukte in demselben Maaße zu wachsen, als andere Gebilde, die sonst mit der Abscheidung derartiger Absonderungsprodukte beauftragt sind, an Entwicklung zurücktreten. — Noch eine andere Vermuthung scheint uns hier zulässig, nämlich die, daß ein Nebenzweck dieser schleimigen Ausscheidung (die ihre schleimige Beschaffenheit übrigens gleichfalls wohl zum großen Theil den aufgelösten Körperhüllen verdankt) in der Behinderung einer gar zu starken und turbulenten Einwirkung des umgebenden Wassers bestehe. Je kleiner ein Thier ist, je zarter die einzelnen Gewebtheile desselben, namentlich auch die äußeren Bedeckungen des Leibes, gebildet sind, desto mehr bedarf es eines derartigen Schutzes, durch welchen das äußere umgebende Medium weder vollständig von allem Einfluß abgehalten wird, noch auch in übermäßiger Weise einwirken kann.

Zu den Abscheidungen der Haut können wir in gewissem Sinne auch noch jene besonderen eigens gebildeten Körperchen rechnen, deren wir schon oben (S. 130) unter dem Namen der Angel- oder Nesselorgane erwähnten. Wir können dies um so eher, als dieselben im Innern von Zellen entstehen und erst durch das Vergehen derselben frei werden.

Die Angelorgane sind Waffen, die sich zum Schutz oder Angriff, je nach den Umständen und der Lebensweise der einzelnen Thiere, eignen. Sie finden sich vornämlich bei den Medusen und Polypen, bald gleichmäßig über den ganzen Körper verbreitet, bald auch in größerer Menge an den Fangfäden, Tentakeln u. s. w. zusammengehäuft. In ihrem Vorkommen beschränken sie sich übrigens nicht auf die genannten Thiere, sie finden sich auch bei einzelnen Würmern (den Turbellarien), bei Eolidia und Tergipes unter den Mollusken — wo sie an der Spitze der blattartigen Rückenanhänge in einer besondern, flaschenförmigen Tasche liegen und durch eine Zusammenziehung des umgebenden Parenchyms ausgetrieben werden —, bei Synapta unter den Holothurien und sogar bei Paramaecium unter den Infusorien. Alle diese Thiere sind nackt, ohne eine feste, schützende Hülle, und bedürfen deßhalb der Waffen gewiß weit eher, als andere vielleicht nahe stehende bepanzerte Arten.

Mit wenigen Worten müssen wir hier, bei der Betrachtung der Hautsecretionen, auch einer sehr merkwürdigen Erscheinung gedenken, die bis jetzt freilich noch nicht genügend aufgeklärt ist, in vielen Fällen aber doch wohl in einem unmittelbaren Zusammenhang mit den erwähnten Abscheidungen stehen möchte. Wir meinen das Leuchten der Thiere. Schon

Fig. 155.



Johanniswürmchen,
männlichen und weiblichen Geschlechts.

Fig. 156.



Laternenträger,
Fulgora laternaria.

unter den einheimischen Landthieren gibt es einige Arten, die sog. Johanniswürmchen oder Johanniskäfer (Lampyris), einige Tausendfüße u. a., die durch eine selbstständige Licht-

entwicklung auffallen. In den Tropen leuchten auch andere Insekten, namentlich Springkäfer, vielleicht auch die unter dem Namen der Laternenträger berühmt gewordenen Wanzenarten, obgleich solches für diese in neuerer Zeit mehrfach in Abrede gestellt ist. Weit verbreiteter aber ist diese Eigenschaft des Leuchtens unter den niederen größeren und kleineren Seethieren, die den nächtlichen Ocean, namentlich zwischen den Wendekreisen, mit zahlreichen Flämmchen und leuchtenden Punkten erhellen und dadurch, wie wir jetzt wissen, das wundersame Phänomen des Seeleuchtens bedingen, von dessen Pracht ein Jeder zu erzählen weiß, der es einmal wahrgenommen hat. Namentlich sind es die Akalephen mit ihrer Brut, die diese Fähigkeit besitzen, neben ihnen aber auch manche Infusorien, Polypen, Mollusken, Würmer und Krebse. In unseren nordischen Meeren ist es hauptsächlich ein kleines Thierchen von gallertartiger Körperbeschaffenheit, Mammaria scintillans — das übrigens wohl schwerlich ein ausgebildetes Geschöpf ist —, welches das Seeleuchten hervorruft.

Ueber die Ursache des Leuchtens ist man sehr verschiedener Ansicht gewesen. Die Einen sahen darin ein bloßes Ausströmen des am Tage eingesogenen Lichtes (wie bei den Bononischen Steinen), die Anderen eine unmittelbare Aeußerung des Lebens oder auch des Nervenagens, gewissermaßen die Folge der hierdurch entwickelten imponderablen Agens — womit am Ende, je nachdem man will, entweder Alles, oder gar Nichts gesagt ist. — Wenn man berücksichtigt, daß in den meisten Fällen die Fähigkeit des Leuchtens dem äußern Schleimüberzuge des Körpers inhärirt, in dem eine Menge abgestoßener Hautgebilde beständig im Processe der Auflösung begriffen sind, daß diese Masse, auch entfernt vom Körper oder nach dem Tode des Thieres noch längere Zeit hindurch die Eigenschaft des Leuchtens behält, dann kann man sich kaum des Gedankens erwehren, als hinge dieselbe, ein einfacher chemischer Akt, eben mit dieser Auflösung zusammen. Man braucht nicht einmal auf den Phosphorgehalt der thierischen Substanzen, der vielleicht hier und da noch viel beträchtlicher ist, als wir bis jetzt wissen, zu verweisen. Es bleibt freilich hierbei auffallend, warum nicht alle Thiere, die einen Schleim ausscheiden, leuchten, allein das mag mit mancherlei unbekannten Verhältnissen zusammenhängen. Kennen wir doch auch gewisse pathologische Fälle, in denen der Athem, der Harn des Menschen &c. die Fähigkeit des Leuchtens zeigte. — Auch das Leuchten der Lampyriden und Elateriden würde hier eben keine Schwierigkeiten machen. Die leuchtende Materie ist hier allerdings kein nach außen abgesonderter Stoff, sondern eine Fettmasse, die an bestimmten Stellen durch die zarten Bedeckungen (bei den ersteren am Abdomen, bei den anderen am Prothorax) hindurchschimmert, allein diese Substanz, vielleicht vor dem gewöhnlichen Fett durch mancherlei Eigenthümlichkeiten ausgezeichnet, wird gleichfalls in einer beständigen Umsetzung begriffen seyn, die durch den Tracheenreichthum derselben noch mehr erleichtert wird. Nur mit Zwang aber lassen sich durch diese Annahme diejenigen Fälle erklären, in denen die ganze Körpersubstanz leuchtet (wie bei Pholas), oder die Muskelsubstanz (wie man es bei einzelnen Anneliden beobachtete) oder die schwingenden Wimpern (bei den Rippenquallen), in denen ein Reiz oder die Bewegung die Leuchtfähigkeit erhöhen. Man möchte hier weit eher an die elektrischen Strömungen denken, die nach den neueren Untersuchungen so manchfach im Organismus, namentlich auch in der Muskelsubstanz vorkommen und durch die Bewegungen in ihrer Gleichmäßigkeit gestört werden. Allein es scheint unglaublich, daß in den Wasserthieren, die in einem so vortrefflichen elektrischen Leiter leben, die Spannung der Elektricität bis zu einem solchen Grade wachsen könnte, wie eine Ausgleichung mit Lichtentwicklung nothwendig voraussetzen würde. Und deßhalb möchten wir denn auch für diese Fälle eine ähnliche Genese des Lichtes aus chemischen Zersetzungen vermuthen, wenn wir nicht lieber unsere völlige Unkenntniß gestehen wollen.

Ueber die teleologische Bedeutung dieses Leuchtens wissen wir kaum mehr. Manchmal, wie bei den Leuchtkäfern, steht es vielleicht mit dem geschlechtlichen Leben, dem Aufsuchen der verschiedenen Geschlechter, in Zusammenhang; in anderen Fällen mag es bei dem Aufsuchen der Nahrungsmittel oder selbst zum Schutze gegen äußere Feinde dienen.

Die Nieren und die Harnbereitung. Bei allen Wirbelthieren kommen zwei, wenigstens annäherungsweise symmetrische, Organe vor, welche in Bau und Lagenverhältnissen durch diese Reihe von Thieren hindurch einander so weit entsprechen, daß sie seit lange mit dem gemeinsamen Namen der Nieren bezeichnet worden sind. Sie sind es, welchen die tief in das Leben des Thieres eingreifende Function zukommt, die Zersetzungsprodukte zu entleeren, in welchen sich der Stickstoff der organischen Theile befindet.

Ihre Lage läßt sich im Allgemeinen so bezeichnen, daß sie zu beiden Seiten der Wirbelsäule im Rumpftheile des Wirbelthieres an der innern Fläche seiner Rückenwand liegen. In einigen Fällen begegnen sie sich unter der Wirbelsäule selbst so weit, daß sie mit einander verwachsen können. Dabei ist nun aber ihre Ausdehnung höchst verschieden. Es ist bei den Knochenfischen etwas Gewöhnliches, daß das vordere Ende dieser Organe bis an den Schädel reicht, während das hintere wenigstens nicht selten sich bis an das Ende der Bauchhöhle erstreckt, ja in manchen Fällen noch bis in den Schwanz eindringt. Bei anderen Thieren kommt eine solche Länge nicht vor. Unter den Reptilien finden sich indeß auch noch sehr gestreckte Formen, während namentlich die Säugethiere Nieren besitzen, deren Längsdurchmesser weder gegen die übrigen Durchmesser so sehr überwiegt, noch auch im Verhältnisse zur Wirbelsäule bedeutend ist. Bei einer Verminderung der Längendimension ist einige Abweichung von der Symmetrie der Lage nicht selten, indem eine Niere weiter nach vorn, eine andere weiter nach rückwärts neben der Wirbelsäule liegt.

Nicht immer bildet die ganze Masse der Niere jederseits einen in sich zusammenhängenden Körper. Von der bohnenförmigen Niere an, wie sie von Menschen und manchen Säugethieren bekannt ist, bis zu einer bei einzelnen Fischen vorkommenden Bildung, wo jede Niere aus einer Reihe hinter einander liegender Körperchen besteht, gibt es manche Zwischenformen. Eine Zerfällung jeder Niere in einzelne Abtheilungen deutet sich bei einzelnen Säugethieren an, indem der Umriß nicht einfach, sondern durch wulstförmige Bildungen auf der Oberfläche gegeben wird. Die Trennung einzelner Abtheilungen, indem die Versenkungen zwischen den Wülsten tiefer und tiefer werden, kann bei den Säugethieren (namentlich den im Wasser lebenden, den Eisbären, Pinnipedien und Cetaceen) bis zu einem wirklichen Zerfallen der Niere fortschreiten, deren einzelne Abtheilungen dann aber nicht hinter einander gelagert, sondern um den gemeinsamen Ausführungsgang des ganzen Drüsenapparates gruppirt sind.

Bei den Vögeln sind die Nieren großentheils in die Vertiefungen eingebettet, welche die Rückenwand des Beckens darbietet, und es entsprechen dann diesen Vertiefungen einzelne hinter einander liegende Lappen. Eine völlige Trennung von hinter einander liegenden Nierenabtheilungen kommt dann aber bei nackten Amphibien wenigstens im vordern Theile ihrer Nieren vor, bei gewissen Fischen (Myxinoiden, Amphioxus) durch die ganze Länge dieser Organe. Wie nun aber auch diese Aeußerlichkeiten der Form sich darstellen mögen, stets besteht jede Niere in allen ihren Theilen aus unter einander ähnlichen Elementen. Sie ist nämlich stets zusammengesetzt aus einer Anzahl von secernirenden Organen, welche in der Regel die Kanalform besitzen. Die Länge der einzelnen Kanäle, ihre Dicke, ihr Verlauf, bald mehr gestreckt, bald stark gewunden, die Art wie sie zu Ausführungsgängen sich vereinigen, alles dieses bietet in der Wirbelthierreihe eine große Manchfaltigkeit dar. Die Kanäle scheinen auch durch Zwischenröhrchen unter einander verbunden seyn zu können, und bisweilen durch einfache Säckchen ersetzt zu werden. Selbst da, wo sonst die Kanalform vorherrscht, sind derartige Säckchen sehr gewöhnlich noch mit den Kanälen verbunden. In der Besonderheit ihrer Bildung, namentlich in ihrer Verbindung mit dem Blutgefäßsysteme wird dadurch ein sehr charakteristischer Bestandtheil der Nieren dargestellt. — Man hat schon seit lange in den Nieren der Wirbelthiere zerstreute kleine Gefäßconvolute bemerkt, welche den Namen der Malpighischen Körperchen tragen, zu Ehren des berühmten Anatomen, welcher sie zuerst gut beschrieben. Sie sind meist leicht mit bloßen Augen an frischen Nieren als rothe

Pünktchen zu erkennen. Das Mikroskop lehrt, daß ein solches Pünktchen aus zusammengewundenen Gefäßen besteht. In neuerer Zeit ist aber die weit schwieriger zu ermittelnde, deßhalb auch lange bezweifelte Beziehung dieser Gefäßconvolute zu den Harnkanälchen immer deutlicher geworden, wenn auch über gewisse Punkte noch Zweifel herrschen. Es ist erkannt, daß diese Knäuelchen in enger Verbindung mit kleinen Bläschen stehen, welche durch einen Ausführungsgang in die Harnkanälchen übergehen. Der Ausführungsgang steht entweder am Ende eines Harnkanälchens oder schließt sich seitlich an dieselben an. In diese Bläschen scheint nun allemal ein Gefäßknäuelchen so hinein zu ragen, daß das feine zuführende und das abführende Gefäß des Knäuels den Stiel bilden, an welchem dasselbe hängt. In Beziehung auf diese Vorstellungsweise hat man die Bläschen mit der Bezeichnung von Kapseln, Kapseln der Nierenknäuel, belegt.

Wie nun auch die Ansichten über dieses Verhalten sich noch modificiren mögen, welche Verschiedenheiten etwa sich bei verschiedenen Thieren herausstellen mögen, so sind doch gewisse Grundzüge unzweifelhaft. Es ist das ausschließliche Vorkommen solcher Gebilde in den Nieren, ihre regelmäßige und innige Beziehung zu den Bläschen eine wichtige Thatsache. Das ist besonders insofern zu behaupten, als wir kaum in irgend einem secernirenden Apparate Structurverhältnisse kennen, welche sich so gleichmäßig durch eine große Reihe von Thieren wiederfänden und zugleich vernünftiger Weise als bedingend oder doch mitbedingend für die besondere Funktion der Drüse angesehen werden könnten. Hier müssen wir eine solche Annahme aber wohl wahrscheinlich finden, selbst wenn man die Art der Beziehung nicht näher bezeichnen kann. *)

Das Verhalten der Harnkanälchen zu dem Ausführungsgange ist ein manchfaltiges, aber besonders bei den Säugethieren in solcher Weise angeordnet, daß es eine etwas nähere Beschreibung verdient, während es sich bei den übrigen Wirbelthieren nicht von Einrichtungen entfernt, wie sie auch sonst in vielen Drüsen vorkommen. In der Niere des Menschen und ähnlichen (d. h. solchen, welche nicht in mehrere Theile zerfallen sind) findet man sämmtliche Harnkanälchen so angeordnet, daß sie gegen die Insertionsstelle des Ausführungsganges (Harnleiter) convergiren, dem übrigen Umfange der Niere also ihr entgegengesetztes Ende zuwenden (Fig. 157 A). Ihr Verlauf ist indessen nur in einer Strecke von der Stelle aus, gegen welche sie convergiren, zu der übrigen Oberfläche der Niere ein gestreckter. In einiger Entfernung vom äußern Umfange des Organes beginnen sie gewunden zu verlaufen bis zu ihren blinden Enden hin, so daß der Theil der Niere, welcher gestreckte Kanäle enthält (substantia medullaris) fast überall von einer Masse umhüllt ist, welche aus gewundenen Kanälen besteht (subst. corticalis). Die Medullarsubstanz kann man sich also aus pyramidalen Büscheln von Harnkanälchen zusammengesetzt denken (Fig. 157 B). Diese Vorstellungsweise einer Zusammensetzung aus Pyramiden wird durch mehrere Umstände unterstützt. Die Stelle der Niere, gegen welche die Vereinigung der Kanäle Statt findet, bietet einen Hohlraum dar, welcher von der äußern festen Umhüllung der Nieren einerseits und der Drüsensubstanz andererseits gebildet wird. Die Oberfläche der Nierensubstanz, welche an diese Höhle (Nierenbecken) stößt, enthält sämmtliche Oeffnungen der Harnkanäle. Es erhebt sich diese Fläche in mehreren kugelförmigen Hervorragungen, welche in das Nierenbecken vorspringen und als die Gipfel der genannten Pyramiden zu betrachten sind (Nierenwarzen). Die Zahl dieser kleinen

Fig. 157.



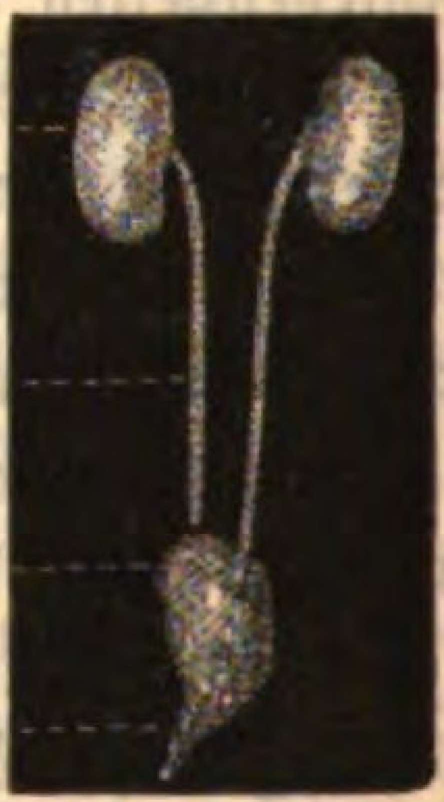
In beiden Fig. ist *a* die Rinden-, *b* die Marksubstanz; *Ac* Hohlraum, in welchem die Nierenkelche befindlich; *d* Harnleiter.

*) Ein scharfsinniger Versuch, auf diese Verhältnisse näher einzugehen, existirt aber allerdings (von C. Ludwig) schon. Wir theilen hier nichts darüber mit, da diese Hypothese ziemlich weitläufige Auseinandersetzungen des Für und Wider nöthig machen würde.

Kegel ist selbst bei verschiedenen Individuen derselben Art, noch mehr bei den verschiedenen Säugethierarten verschieden. Jeder dieser Gipfel wird von einem kleinen membranösen Kelche umfaßt, in welchen zunächst der Harn gelangt. Jeder calyx renalis aber geht nach Art eines Trichters in eine Röhre aus, und diese Röhren treten dann endlich zur Bildung des Harnleiters zusammen.

Sind die Säugethiernieren minder einfach gebildet, treten äußerlich Wülste, Lappenbildungen stärker hervor, so ist damit innerlich eine entschiedenere Sonderung in Pyramiden verbunden. Jeder Wulst oder Lappen ist gleichsam die Basis einer Pyramide, und es findet sich nun die Corticalsubstanz nicht bloß an dieser Basis, sondern bekleidet auch mehr oder weniger die Seiten der Pyramide. Doch ist die Zahl der Nierenwarzen nicht nothwendig so groß, wie die der Lappen, indem die Kanäle mehrerer Lappen häufig zuletzt zu einer Warze zusammentreten. — Endlich kann das Zerfallen der Niere so weit fortschreiten, daß je ein Lappen ein gesondertes kleines Organ vorstellt, dessen Kanälchen an einer Stelle convergirend in einen kleinen Kelch übergehen. Von da geht dann der Harn in einen secundären Harnleiter, welcher sich schließlich mit denen der übrigen Nierentheile jederseits zu einem Hauptharnleiter vereinigt. — Vorherrschend und bei den höheren Wirbelthieren ohne Ausnahme findet sich jederseits nur ein Harnleiter. Diese münden bei den Säugethieren fast stets in eine Harnblase, bei Vögeln und Reptilien in die Kloake, bei den Fischen, wenigstens sehr gewöhnlich, in eine Harnblase, die aber durch Lage und Entwicklung von der Harnblase der Säugethiere u. s. w. sich unterscheidet.

Fig. 158.



Nieren, Harnleiter, Harnblase eines Säugethiers.

Die Harnleiter durchbohren bei den Säugethieren die Harnblase, die im vordern Theile des Beckens liegt, von ihrer dem Mastdarm zugekehrten Seite. Es scheint dieß gewöhnlich in schräger Richtung durch die Schichten der Blasenwand hindurch zu geschehen, so daß ein Druck von Innen den Harn nicht zurücktreibt, sondern den in der Blasenwand enthaltenen Theil der Harnleiter (Ureteren) zusammendrückt. Die Austreibung des Harnes aus den Ureteren in die Blase geschieht durch die Thätigkeit des contractilen Gewebes dieser Kanäle, während die Blase wenig Widerstand leistet. Die Blase selbst enthält aber eine Schicht von Muskelfasern, durch welche von Zeit zu Zeit die Ausleerung durch die Harnröhre (Urethra) bewirkt wird. Für gewöhnlich wird das Ausfließen des Harnes aus dieser Röhre durch Kreismuskelfasern verhindert, welche am Uebergange der Blase in die Urethra liegen. — Die Harnröhre öffnet sich bei allen männlichen Säugethieren gemeinschaftlich mit den Geschlechtswegen nach Außen. Bei den männlichen Thieren ist der beiden Apparaten gemeinsame Kanal meist am Penis hinaus verlängert und öffnet sich an dessen Spitze. Diese Oeffnung ist fast immer einfach, bei den Monotremen soll sie jedoch vierfach seyn und bei einigen Beutelthieren doppelt. Die Monotremen haben aber außerdem noch bedeutendere Abweichungen von dem gewöhnlichen Verhalten. Der Ausgang der Harnblase mündet mit den Saamengängen und den Harnleitern zusammen in einen gemeinschaftlichen Raum, so daß der Harn in die Blase nur rückwärts gelangen kann, durch dieselbe Oeffnung, durch welche er sich auch zu entleeren hat (ein Verhältniß, welches diese Organe der Monotremen denen der Reptilien nahe stellt). Der gemeinschaftliche Raum für Harn- und Geschlechtsorgane öffnet sich in die Kloake. An dieser ist nun aber gleichwohl ein Penis mit Harnröhre befestigt, welche letztere sich einerseits nach Außen, andererseits in die Kloake öffnet. Durch Muskeln kann der den Harn- und Geschlechtswerkzeugen gemeinsame Raum so gegen die Kloakenöffnung des Penis angeschmiegt werden, daß dieser ihm zum Ausführungsgange wird. — Einen Uebergang zu den bei weiblichen Thieren gewöhnlichen Verhältnissen bilden die männlichen Faulthiere, indem bei ihnen die Harnröhre nicht am Penis hin verlängert ist, sondern sich an dessen Wurzel öffnet. — Bei den weiblichen Säugethieren

ist die gewöhnliche Einrichtung, daß der Harn durch einen kurzen Kanal aus der Blase sich in die Geschlechtswege ergießt, und der beiden Systemen gemeinsame Kanal, kurz und weit, sich an der Basis der Clitoris öffnet, welche einem Penis bis auf die Harnröhre entspricht. Bei einigen läuft aber die Harnröhre auch an der Clitoris hin, welche dadurch einem Penis noch ähnlicher wird. So namentlich bei den Lori's, Maki's, dem Lemming und Maulwurf. – Bei den Monotremen hat auch das weibliche Geschlecht die Kloakenbildung, die äußere Oeffnung der Harnwege ist mit der für den Mastdarm, wie für die Geschlechtsorgane vereint.

Bei den Vögeln öffnen sich stets die beiden Harnleiter in die Kloake. Der consistente Harn wird mit dem Darmkothe entleert.

Die Reptilien stimmen mit den Vögeln überein in dem Uebergange der Ureteren in die Kloake. Aber mit ihrer Kloake ist auch häufig eine Harnblase verbunden, deren Lage, wie bei den Säugethieren zwischen Bauchwand des Thieres und Mastdarm ist. So berechtigt schon ihre Lage, sie als Harnblase zu bezeichnen. Es ist aber auch nicht zu bezweifeln, daß sie die Function derselben hat, daß also der Harn, sei es durch die Kloake, sei es, indem die Mündungen der Harnleiter gegen die Blasenmündung geschoben werden, sich in die Blase entleert und darin ansammelt. Nicht selten findet man in der Blase von Reptilien selbst Concretionen von Harnbestandtheilen. Bei Schildkröten findet man die Oeffnungen der Harnleiter hart an der Oeffnung der Blase in die Kloake, während sie sonst in größerer oder geringerer Entfernung davon sich befinden. — Bei einigen Reptilien vereinigt sich der Harnleiter vor seinem Uebergange in die Kloake mit dem Geschlechtskanale seiner Seite.

Bei den Fischen ist zwar das Vorkommen einer Harnblase auch sehr verbreitet (mit wenigen Ausnahmen unter den Knochenfischen). Aber sie liegt hier zwischen Mastdarm und Wirbelsäule und hat demgemäß ihre äußere Mündung auch hinter dem After, zuweilen gemeinsam mit den Geschlechtsorganen. Auch darin weichen diese mit einer Blase versehenen Fische von den bisher betrachteten Thieren ab, daß ihre Ureteren häufiger schon vor dem Eintritt in die Blase zu einem unpaaren Kanale zusammentreten, als gesondert bleiben. In seltenen Fällen findet man neben dem jederseitigen Harnleiter kleine Nebenureteren, welche direkt in die Blase gehen.

Bei den Knorpelfischen kommen oft, ohne Verbindung mit einer Harnblase, verschiedene Mündungsstellen der getrennten oder vereinigten, in manchen Fällen auch mit den Geschlechtswegen verbundenen Harnleiter vor. Den Knochenfischen analog ist es, daß bei den Sturionen die Ausmündung hinter dem After geschieht, während die Plagiostomen, wie schon erwähnt wurde, eine Art von Kloake besitzen, indem der Mastdarm diese Organe aufnimmt. Die Cyklostomen, denen die Blase gänzlich fehlt, haben die Ausmündung der Harnleiter vor dem After. Bei dem Amphiorus ist selbst kein Harnleiter bekannt.

Die Harnwerkzeuge sind bei allen Wirbelthieren die Organe für die Entleerung des Stickstoffes aus den zersetzten organischen Substanzen. Die stickstoffreichen Substanzen, welche man im Harne findet, sind besonders Harnstoff (vorherrschend bei dem Menschen und anderen höheren Wirbelthieren), Harnsäure und harnsaures Ammoniak, Hippursäure (bei den pflanzenfressenden Säugethieren). Neben ihnen finden sich sog. Extractivstoffe, Kreatin, Kreatinin, Salze, Schleim u. s. w. Unter den Salzen verdienen die schwefelsauren einer besondern Erwähnung, weil ihre Bildung ebenfalls auf der Zerstörung der eiweißartigen Körper zu beruhen scheint. Diese enthalten Schwefel, welcher sich in den stickstoffhaltigen Harnsubstanzen nicht findet, also in anderer Form entfernt werden muß. Das scheint durch jene schwefelsauren Salze zu geschehen, deren Menge im Harne mit der Menge des Harnstoffs u. s. w. zu- und abnimmt. — Gemäß der sehr verschiedenen Consumtion der Thiere an stickstoffhaltiger Nahrung ist auch ihr Harn sehr verschieden reich an stickstoffhaltigen Substanzen. Man findet diese namentlich sehr reichlich im Harne der Fleischfresser. Wichtig für die Einsicht in die Bedeutung des Stoffwechsels ist es aber, daß bei einem und demselben Individuum die Menge des stickstoffigen Excrementes sich nach zwei Hauptfactoren bestimmt:

nach der Nahrung und nach der Thätigkeit. Auch die letztere steigert die Menge dieser Excremente und zeigt somit, daß die Thätigkeit auf chemischem Processe beruht, während die Möglichkeit einer Vermehrung bloß durch reichliche eiweißartige Nahrung den Beweis liefert, daß die Zersetzung auch noch auf anderen Ursachen als der Thätigkeit der animalischen Gewebe beruhen muß. Wir werden dadurch zu der Reflexion veranlaßt, daß ein Theil dieser Zersetzung sehr wohl die im Blute enthaltenen, an sich noch der Organisation fähigen, eiweißartigen Stoffe betreffen und so das Blut von einem Uebermaße derselben befreien kann.

Unter den wirbellosen Thieren sind die harnbereitenden Gebilde noch keineswegs überall mit Bestimmtheit nachgewiesen. Nur bei einer Anzahl derselben kennen wir Drüsen, die in ihrem Secrete jene specifischen Auswurfsstoffe der Nieren bei den Wirbelthieren enthalten. In der Regel bestehen dieselben, wie auch bei der größeren Anzahl der Wirbelthiere, vornehmlich aus Harnsäure oder harnsauren Salzen (Hexapoden, Myriapoden, Cephalopoden), jedoch kommen dafür auch andere stickstoffreiche Substanzen vor, ohne daß wir bis jetzt im Stande wären, solche Verschiedenheiten auf bestimmte entsprechende Eigenthümlichkeiten des Stoffwechsels zurückzuführen. So findet sich bei den Arachniden im Harne Guanin (nach Anderen Xanthin), eine ähnliche Substanz bei dem Flußkrebs und den Bivalven. Wie weit diese Schwankungen gehen können, wissen wir noch nicht und daraus erwächst denn eine neue Schwierigkeit, die harnbereitenden Gebilde der niederen Thieren zu bestimmen.

Die Harndrüsen der luftathmenden Arthropoden sind einfache fadenförmige Kanäle, die sich hinter dem Chylusmagen in den Darmkanal einsenken. Sie tragen den Namen der Malpighischen Gefäße und wurden früher irrthümlich für Leberorgane gehalten. — Ihre Zahl beträgt gewöhnlich vier oder sechs, seltener zwei (bei den Chilopoden und Acarinen) oder mehr, bis über 100 (bei den Bienen, Heuschrecken und Spinnen), die aber vor ihrer Insertion nicht selten zu einzelnen Hauptstämmen zusammentreten. Auch da, wo die Zahl nur 4 oder 6 ist, findet sich nicht selten eine Vereinigung zu zwei kurzen Ausführungsgängen.

Fig. 159.



Darmkanal des Maikäfers mit den Harngefäßen.

Die Vermehrung der Malpighischen Gefäße geschieht übrigens beständig — aus einem leicht zu ersehenden Grunde, der auf dem räumlichen Verhältniß der absondernden Fläche zu dem Volumen des Körpers, der Energie des Stoffwechsels und der von diesen beiden Factoren abhängigen Menge der verbrauchten Substanz beruht — auf Kosten der Länge. Die zahlreichen Harngefäße der Bienen u. s. w. sind kurze Kanäle, während die wenigen Harngefäße der Schmetterlinge, Käfer u. s. w. in vielen auf- und absteigenden Windungen den Verdauungskanal umgeben. Nicht selten ist es auch, daß sie dann an dieser oder jener Stelle, namentlich am Dickdarm, die oberflächlichen Hautschichten des Verdauungskanales durchbohren und eine Strecke weit unter denselben hinlaufen. In einzelnen Fällen haben sie auch ein varicöses Aussehen oder kurze seitliche Ausstülpungen, die bei den Arachniden sich sogar manchfach verästeln. Die absondernde Fläche der Harngefäße wird beständig hier, wie überall, dem jedesmaligen Bedürfnisse der Secretion entsprechen. *) Daher kommt es, daß dieselbe z. B. bei den fast regungslosen Larven der Hymenopteren weit geringer ist, als bei den ausgebildeten Bienen. Die ersteren besitzen nur wenige und kurze Malpighische Gefäße.

Der Harn ist eine feste Substanz von gelblicher oder röthlicher Färbung, der gewöhnlich mit dem Kothe entleert wird. Bei den Insekten mit vollständiger Metamorphose sammelt er

*) Wie sich die merkwürdigen Rectaldrüsen der ausgebildeten Insekten etwa zu den Harnorganen verhalten, ist unbekannt. (Vergl. oben S. 116.)

sich während des Puppenschlafes in dem Dickdarm an, wohl vornehmlich deßhalb, weil die Rigidität der Körperbedeckungen die zu der Entleerung nothwendigen Bewegungen des Abdomen verhindert. Nach dem Hervorschlüpfen des ausgebildeten Insektes wird er dann in reichlicher Menge auf einmal nach außen geschafft.

Bei den Crustaceen sind wir über die harnbereitenden Apparate noch sehr im Unklaren. Allerdings besitzen auch einige derselben an ihrem Darmkanale gefäßartige Anhänge, die durch Lage und Form den Malpighischen Gefäßen der Insekten entsprechen, allein es sind dieselben keineswegs von einem so constanten Vorkommen, wie jene, und auch noch nicht durch die chemische Analyse ihres Secretes als Harndrüsen erkannt worden. — Bei den Amphipoden finden sich ziemlich allgemein zwei solche Gefäße, bei vielen Decapoden (Krabben wie Langschwänzen) nur ein einziges. In anderen, namentlich auch in dem Flußkrebs, fehlt aber dieser Kanal. Die Nieren des letzteren sind wahrscheinlich zwei ansehnliche in dem Vordertheil des Cephalothorax gelegene Drüsenschläuche von smaragdgrüner Farbe. Bei anderen Crustaceen hat man bald in diesem, bald in einem andern drüsigen Gebilde von unbekannter Bedeutung eine Niere sehen wollen, allein in allen Fällen ohne hinreichenden Grund. Bisweilen, namentlich bei den niederen Crustaceen, fehlen auch alle derartigen Apparate, die man allenfalls als Harnwerkzeuge deuten könnte, und dann möchte man fast vermuthen, daß der hintere Theil des Verdauungsapparates ohne Beihülfe besonderer Organe in seinen Drüsenzellen der Secretion des Harnes vorstehe.

Die Harnwerkzeuge der Würmer sind uns noch nicht bekannt. Jedoch scheint es sehr glaublich, daß dieselben bei den Borstenwürmern in gewissen beutelförmigen und schlauchförmigen Drüsen zu suchen seyen, die seitlich im Körper liegen und gewöhnlich in den einzelnen Segmenten ausmünden.

Wahrscheinlich gehört hieher auch das sehr allgemein verbreitete gefäßartige Excretionsorgan der Trematoden, dessen Verästelungen sich durch den ganzen Körper erstrecken. Das Secret desselben besteht aus zahlreichen glashellen Körperchen, die in einer Flüssigkeit schwimmen und theils durch Flimmercilien, theils auch durch die contractilen Drüsenwände bewegt werden. Die Ausmündungsstelle ist am hintern Leibesende, in der Mittellinie. Vorher erweitert sich der dorsale Hauptstamm gewöhnlich zu einem blasenartigen Behälter. Ganz ähnliche Apparate besitzen auch viele frei lebende Strudelwürmer, nur münden die Gefäße meistens hier rechts und links von einander geschieden nach außen.

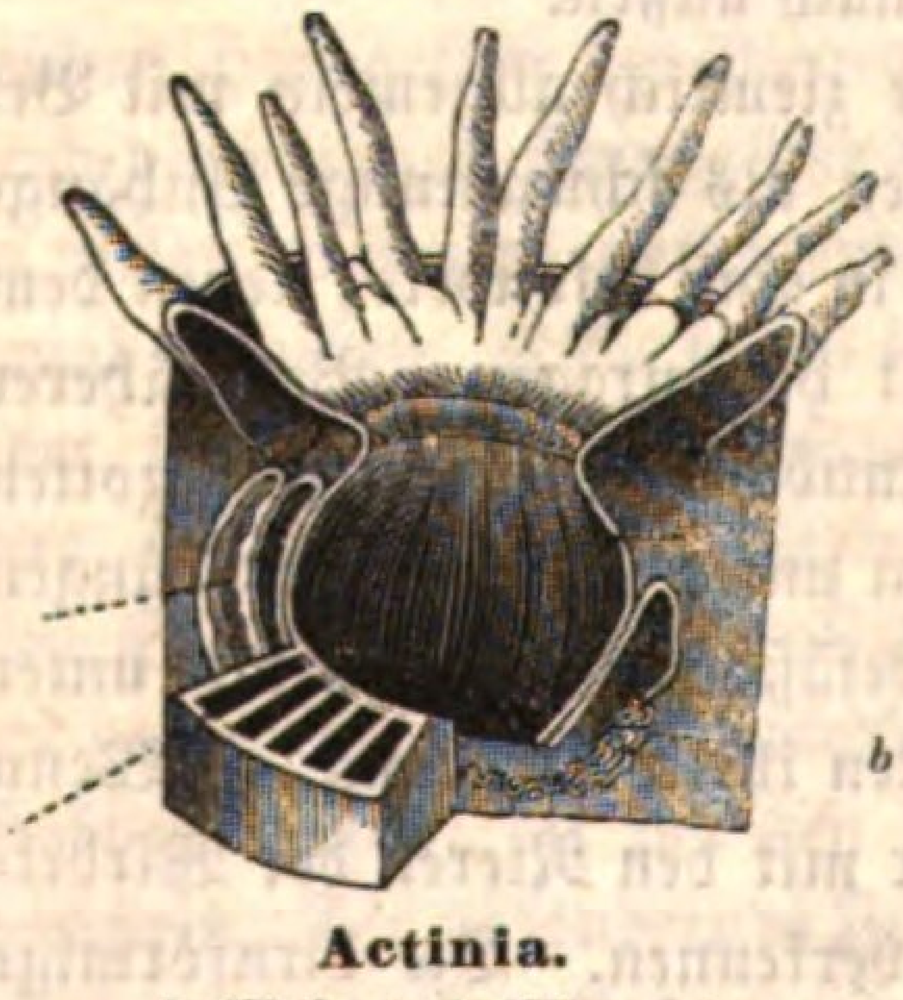
In der Abtheilung der Mollusken sind die Harnorgane ziemlich allgemein mit Bestimmtheit nachgewiesen. Sie erscheinen bei den Cephalopoden als schwammige Anhänge (vgl. Fig. 147) an den beiden Hohlvenen, die rechts und links in eine besondere, neben dem After nach außen mündende Höhle von birnförmiger Gestalt hineinragen. Bei näherer Untersuchung sieht man, wie diese Anhänge aus zahlreichen sinuös erweiterten Gefäßzotten bestehen, die durch contractile Fasern und zellgewebige Massen unter sich zusammenhängen und äußerlich von einer Zellenschicht bedeckt sind. Capillare Gefäßbögen, welche sich unter der letzteren ausbreiten, nehmen in großer Menge aus den Zotten ihren Ursprung. — Wenn man die Anordnung und den Bau dieser schwammigen Körper mit den Nieren der Wirbelthiere vergleicht, dann kann man eine Analogie damit nicht verkennen. Die birnförmige Höhle ist gewissermaßen eine mächtige Malpighische Kapsel, in welche, wie sonst die Gefäßknäuel, hier die schwammigen Venenanhänge hineinragen. Das Princip der Anordnung ist in beiden Fällen wesentlich dasselbe, offenbar in Uebereinstimmung mit den besonderen Leistungen, welche den betreffenden Gebilden übertragen sind. — In den Gasteropoden ist die Niere gleichfalls gewöhnlich ein sackartiges, mit einem Ausführungsgange versehenes Organ, das durch zahlreiche, mehr oder weniger vorspringende Falten oder Blätter, die eine zellige Structur besitzen, in eine Menge vollständiger und unvollständiger Fächer getheilt ist, und durch eine gelbliche Farbe sich auszeichnet. Es ist unpaar, wie denn überhaupt die symmetrische Entwicklung der beiden Körperhälften bei den Gasteropoden die manchfaltigsten

Störungen erlitten hat. — Bei den Kammkiemern und den gehäusetragenden Lungenschnecken liegt es innerhalb der Athemhöhle in der Nähe des Herzens, bei den Limacinen im Umkreis des Herzbeutels. Der Ausführungsgang mündet neben dem Mastdarm. In den übrigen Gasteropoden ist die Anwesenheit der Niere noch nicht durchgehends festgestellt, obwohl man in vielen Arten (namentlich Nacktschnecken) ein drüsiges Gebilde kennt, welches wohl trotz einzelner Verschiedenheiten in Lage und Bau als Harnwerkzeug dienen möchte. Vielleicht gehört hierher auch die oben erwähnte Drüse bei Aplysia. — Die Nieren der Blattkiemer sind wiederum paarig und unter dem Namen der Bojanusschen Organe bekannt. Auch hier sind sie Säcke von einer braunen oder schwärzlichen Farbe, die am Rücken zwischen Herz und Kiemen gelegen sind und am Grunde der Kiemen neben den Geschlechtsdrüsen (zuweilen mit ihnen zusammen) durch einen länglichen Schlitz in die Mantelhöhle münden. Die inneren Wandungen der Säcke tragen zahlreiche Falten und Vorsprünge und sind von einem Gefäßnetz umsponnen. — Bei den Brachiopoden und Tunicaten kennen wir die Harnorgane nicht. Für die letzteren scheint es zweifelhaft, daß sie derartige Gebilde besitzen.

Ebenso wenig wissen wir über die Harnwerkzeuge der Echinodermen. Die Asterien besitzen am Afterdarme oder, wenn dieser fehlt, am Magengrunde ein Paar kurzer, blinddarmartiger Drüsensäcke, die man als solche deutet, ohne daß man bisher darin die specifischen Bestandtheile des Harnes hat auffinden können. Nach ihrer Lage möchten sie allerdings sehr gut zu solchem Zwecke sich eignen. Daß dieselben in den verwandten Ophiuren u. s. w. fehlen, darf wohl kaum als ein schlagender Grund gegen diese Deutung aufgeführt werden, da ja möglicher Weise der Harn hier ohne solche Gebilde von den Drüsenzellen des Darmes abgesondert werden kann, was überhaupt vielleicht häufiger vorkommt, als man bis jetzt vermuthet. Sehr ähnliche Apparate finden sich bei den Holothurien, bald von größerer, bald von geringerer Entwicklung. Sie bilden zahlreiche gestielte Blindröhren, auch wohl traubenförmige Massen, die in die Kloake oder den Stamm der inneren Respirationsorgane einmünden.

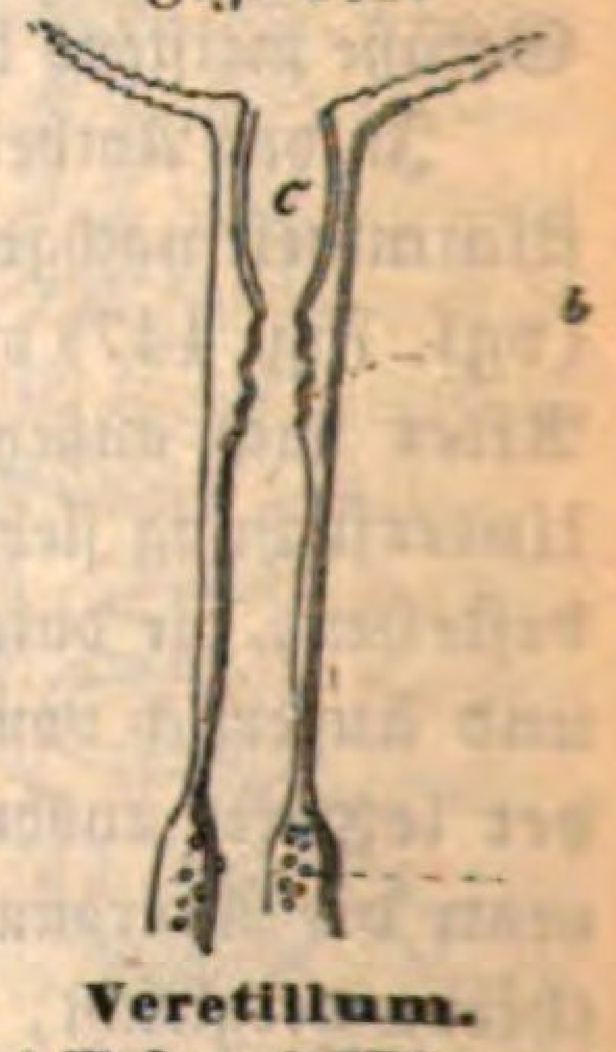
Ob bei den Acalephen und Polypen besondere Harnwerkzeuge vorkommen, ist gleichfalls noch unbekannt. Namentlich ist für die Schirmquallen und die Acalephenammen (Hydroiden) die Anwesenheit solcher Apparate sehr zweifelhaft. Bei den Polypen könnte man vielleicht besondere fadenförmige Cylinder dafür halten, welche gewöhnlich an dem innern freien Rande der strahlenförmigen Scheidewände, die in die Leibeshöhle vorspringen, herablaufen und in manchen Fällen, namentlich bei den Actinien, von großer Entwicklung sind. Man hat sie früher wohl als Leber gedeutet. Jedenfalls sind sie absondernde Organe, die in ähnlicher Weise vielleicht den Rippenquallen zukommen. Bei Lucernaria zeigen sie sich von abweichender Anordnung, als freie zottenförmige Fäden, die in die Leibeshöhle hineinragen.

Fig. 160.



Actinia.
b Mesenterialfilament.

Fig. 161.



Veretillum.
b Mesenterialfilament

Den Protozoen fehlen besondere Excretionsorgane, wenn man nicht etwa die contractile Blase im Körper der Infusorien, die wahrscheinlich nach außen mündet und dadurch einige Aehnlichkeit mit dem Drüsenapparate der Trematoden bekommt, hierher rechnen will. Es läßt sich wenigstens vermuthen, daß die Aufnahme und das Ausstoßen von Wasser, die durch die Bewegungen der Blase zu geschehen scheinen, für die Entfernung eines etwaigen Excretionsproductes nicht ohne Bedeutung seyn werden.

Es bedarf wohl kaum noch der Rechtfertigung, daß wir in Vorigem bei einer Anzahl niederer Thiere die Existenz besonderer harnbereitender Werkzeuge mit größerer oder geringerer Bestimmtheit in Abrede gestellt haben. Man könnte uns allerdings auf die Lückenhaftigkeit und Unvollkommenheit unseres anatomischen Wissens verweisen. Immerhin; wir geben zu, daß man über kurz oder lang noch bei vielen niederen Thieren die Harnwerkzeuge entdecken wird, selbst in anderen Organen, als die sind, die wir jetzt hypothetisch dafür halten. Aber daraus folgt noch nicht, daß nun alle diese Thiere mit besonderen Harnapparaten ausgestattet sind. Es ist schon oben erwähnt, daß die Harnapparate, wie die Respirationsapparate und andere Drüsen nach dem Principe der Flächenvergrößerung entstanden und in ihrer Entwicklung durch die Bedürfnisse der einzelnen Thiere bestimmt sind; wo diese nun gering erscheinen, da mag vielleicht, wie für die Respiration, eine einfache Fläche, ohne weitere Einstülpung und Drüsenbildung, ausreichen. Die häufige Verbindung der Harnwerkzeuge mit dem Endtheil des Darmes bei den niederen Thieren weist uns darauf hin, für manche solcher Fälle den Sitz der Harnsecretion an der entsprechenden Darmfläche zu suchen. Doch ist es auch möglich, selbst sehr wahrscheinlich, daß statt ihrer bisweilen die äußere Haut, die wir schon oben als ein sehr wichtiges Absonderungsorgan kennen gelernt haben, in dieser Weise funktionire. Namentlich da gewinnt diese Vermuthung an Gewicht, wo ein eigentlicher Darm, wie bes. bei den Protozoen u. s. w., fehlt. Man könnte auch die Frage aufwerfen, ob denn überhaupt die Harnsecretion für die niederen Thiere eine Nothwendigkeit sey? Wenn man damit etwa fragen will, ob es möglicher Weise auch Thiere gäbe, deren Leben sich auf eine bloße Assimilation, eine bloße Aufnahme von Nahrungsstoffen (mit Abscheidung des Unbrauchbaren aus diesen) beschränke, so darf man das gewiß verneinen. So viel wir bis jetzt wissen, besitzen alle Thiere einen beständigen Wechsel ihrer Substanz. Wir haben selbst Grund zu der Annahme, daß die Eigenthümlichkeiten des thierischen Lebens, Bewegung und Empfindung, nur das Product einer steten Umsetzung und Auflösung der Gewebe seyen, daß die Nahrungsaufnahme wesentlich nur zur Neubildung der verbrauchten Substanz bestimmt sey. Da aber die thierische Substanz überall sehr stickstoffhaltig ist, so werden auch gewisse stickstoffreiche Excretionsprodukte geliefert und fortgeschafft werden. Und die hiermit beauftragten Gebilde sind nun eben die Nieren oder die statt ihrer funktionirenden Häute. Ganz anders aber stellt sich die Frage, sobald es sich darum handelt, ob der Stickstoff der verbrauchten Substanz beständig als Harn, unter derselben specifischen Form, entfernt wird? Eine Nothwendigkeit für diese Annahme sehen wir nicht. Es wäre eben so gut möglich — nur die unmittelbare Erfahrung kann darüber entscheiden — daß jene Auswurfsstoffe auch eine andere Beschaffenheit darbieten, unter anderer Form nach außen geschafft werden. Wie es scheint, sind wir aber auch nicht einmal berechtigt, in allen Fällen eine besondere von den übrigen Secretionen vollständig getrennte Harnabscheidung anzunehmen, namentlich dann nicht, wenn es sich bestätigen sollte, daß die äußere Haut bisweilen die Funktion der Nieren übernimmt. Es wird dieses jedenfalls nur bei denjenigen Thieren geschehen, deren äußere Haut sich zugleich bei der Respiration betheiligt und ihr gar ausschließlich vorsteht. Die Abscheidung der stickstoff- und kohlenstoffhaltigen Zersetzungsprodukte würde dann zu derselben Zeit, durch dasselbe Gebilde, aus derselben Blutflüssigkeit erfolgen, d. h. beide würden physikalisch zusammenfallen und nur in der Auffassung getrennt werden können.

Die Blutdrüsen. Mit diesem Namen bezeichnet man eine Anzahl von Organen, welche nur bei Wirbelthieren bekannt sind (wenn man die oben bei den Cephalopoden beschriebenen Anschwellungen der Kiemenarterien, denen man früher wohl mit Unrecht die Bedeutung von Propulsionsorganen zuschrieb, denselben nicht zurechnen will), und selbst bei diesen einen Platz nur in der vergleichenden Anatomie, in der Physiologie dagegen kaum eine Erwähnung in Anspruch nehmen können. Zu diesen Organen rechnete man stets die Nebennieren, Milz, Thymusdrüse und Schilddrüse. Es haben sich dieselben in Folge

neuerer Untersuchungen immer allgemeiner bei den Wirbelthieren gezeigt, aber ihre Funktion hat bis jetzt durchaus nicht erkannt werden können. Kürzlich hat man auch einen Lappen des sog. Hirnanhanges (hypophysis cerebri) mit Bestimmtheit diesen Organen zugesellt. Auch scheint es nun, daß eine bei mehreren Säugethieren am Halse vorkommende und häufig mit der Thymusdrüse verwechselte drüsige Masse wohl einen Platz unter diesen Organen verdient.

Wie kommen sie nun zu dem Namen von Drüsen? Man hat sie seit langer Zeit als solche bezeichnet; als man den Bau der übrigen Drüsen selbst noch wenig kannte, genügten einige mehr oberflächliche Aehnlichkeiten, um auch diese Organe ihnen zuzugesellen, da sie mit irgend anderen Theilen des Körpers sich noch weit weniger zusammenstellen ließen. Gleichwohl wußte man recht gut, daß sie eines gemeinsamen Merkmales aller übrigen Drüsen, eines Ausführungsganges, entbehrten. Die neuere Zeit hat uns den Bau der Drüsen, der Secretionskanäle mehr und mehr aufgeschlossen und das weitere Studium der sog. Blutdrüsen hat in der That ihre herkömmliche Benennung mehr und mehr gerechtfertigt, die Punkte der Uebereinstimmung haben sich vermehrt, aber es ist zugleich die erwähnte Verschiedenheit, welche im Mangel der Ausführungsgänge liegt, dieselbe geblieben, und das Dunkel, welches über ihrer Funktion ruht, beginnt auch jetzt kaum sich zu lichten. So undenkbar es uns aber auch erscheinen muß, daß Organe von so regelmäßigem Vorkommen, wie es diese Blutdrüsen bei den Wirbelthieren sind, überall ohne Funktion seyn sollten (wie etwa die Andeutungen von Brustdrüsen beim männlichen Geschlechte) so ist man doch fast genöthigt anzunehmen, daß ihre Funktionen keine wesentlichen (unersetzlichen) sind. Denn weder bei Krankheiten dieser Theile, noch nach Ausschneidung derselben (welche man bei mehreren, namentlich der Milz, wiederholt ausgeführt hat) stellen sich solche Lücken im Zusammenhange der körperlichen Funktionen ein, welche den Mangel eines wesentlichen Gliedes im Getriebe der Organisation verriethen.

Die Nebennieren liegen, wie es schon ihr Name ausdrückt, in der Nähe der eigentlichen Nieren und zwar bei den höheren Wirbelthieren sehr gewöhnlich je eine zunächst dem vordern Ende einer Niere. Ja, man hat in neuerer Zeit, indem es gelang, die Anwesenheit von solchen Nebennieren bei manchen niederen Wirbelthieren sehr wahrscheinlich zu machen, bei welchen sie früher nicht gesehen oder doch verkannt waren, ein nahes anatomisches oder Lagenverhältniß zu den Nieren sehr regelmäßig gefunden. Es scheint nämlich, daß gewisse kleine Körperchen, welche sich in größerer Anzahl auf der Oberfläche der Nieren mancher Fische, so wie bei einigen Reptilien gefunden haben, ebenfalls als Nebennieren bezeichnet werden müssen. Demungeachtet haben wir durchaus keinen Grund, eine besondere funktionelle Beziehung zwischen diesen Organen und den eigentlichen Nieren anzunehmen. Wir können diesem Satze auch sogleich eine allgemeinere Fassung geben, indem wir Folgendes über die Blutdrüsen überhaupt bemerken: Jede derselben findet sich allerdings sehr regelmäßig in der Nähe gewisser anderer Organe im Körper, wodurch eben, neben dem feinern Bau, die Behauptung begründet wird, daß es in den verschiedenen Thieren wirklich einander entsprechende Organe sind. Auch sind hiedurch die Hypothesen über die Funktion der Blutdrüsen sehr häufig so geleitet worden, daß man annahm, sie hätten den Theilen, neben welchen sie zu liegen pflegen, irgendwie zu assistiren (die Thymus z. B. den Lungen, die Schilddrüse dem Kehlkopfe). Aber es ist diese bloße räumliche Nähe ein so nichtssagender Anhaltspunkt, daß wir ihm wohl jeden Werth versagen müssen. Ebenso wenig als die Lage des Organes gibt uns die Beobachtung seiner Entwicklung einen Aufschluß über die Bedeutung seiner Thätigkeit. Man hatte Gewicht darauf gelegt, daß es im menschlichen Embryo früh verhältnißmäßig groß sei. Es schien hieraus die Hoffnung hervorzudämmern, daß sich eine Funktion ermitteln lassen könnte, welche, in das fötale Leben wesentlicher eingreifend, später überflüssig oder unbedeutend würde oder in anderen Organen die Bedingungen ihrer Vollziehung fände. Aber auch dieser Schimmer einer Aussicht, so vage dieselbe

vorläufig war, schwindet wieder hin vor der Thatsache, daß nur bei dem Menschen diese frühe Größe des Organes gefunden wird. — Ebenso wenig ergibt sich ein Aufschluß daraus, daß bei den Säugethieren sehr zahlreiche Nerven in den Organen beobachtet werden, denn dieser Befund ist eben auf die Säugethiere beschränkt. Durch neuere Untersuchungen über den Bau dieser Körper wissen wir nun — und darin liegt auch Alles, was sich über ihre Funktion sagen läßt, — daß sie zusammengesetzt sind aus Zellen, welche offenbar in stetem Entstehen und Vergehen begriffen sind. Man sieht diese Zellen wohl reihenweise geordnet, ja es scheint selbst, daß einige so angeordnete auch mit einander verschmelzen können. Die Zellen haben einen vermuthlich proteïnreichen Inhalt, und neben dem weniger geformten Inhalte finden sich Zellenkerne und junge Zellen. Mit dem steten Bilden und Vergehen von Zellen verbindet sich nun nothwendig die Vorstellung einer stofflichen Umänderung. Es versteht sich allerdings von selbst, daß die elementare Zusammensetzung des Produktes, welches aus der Auflösung der Zellen entsteht, im Ganzen dieselbe seyn muß, als die des Stoffes, aus welchem die Zellen entstehen. Aber die Art der Verbindung der Elemente kann eine andere, ja wir dürfen wohl sagen, sie muß eine andere seyn. — Nun kommt der Stoff, aus welchem die Zellen sich bilden aus den Blutgefäßen, der Stoff, in welche sie zerfallen, muß wieder von den Gefäßen aufgesaugt werden. Wir können deßhalb über die Funktion zwei verschiedene Vermuthungen hegen: entweder ist die Verwandlung des Stoffes eine ganz gleichgültige und es sind die fraglichen Drüsen somit nur als Aufbewahrungsorte für einen Antheil von Nahrungsstoff anzusehen, oder es ist eben die Umwandlung der Punkt, auf welchen es ankommt. Gegen die erstere Ansicht spricht schon die Kleinheit der Organe: sie würden gar wenig nützen können. Außerdem aber müßten sie durch Hunger sich verkleinern, was doch nicht der Fall zu seyn scheint. Es bleibt also nur die Vermuthung übrig, daß in diesen Organen eine nützliche, aber ganz unbekannte Umänderung stickstoffiger Blutbestandtheile geschehe.

Ganz ähnlich steht es mit unseren Kenntnissen über die Schilddrüse. Sie liegt bei den Säugethieren vor und neben dem obern Theile der Luftröhre und dem Kehlkopfe, bei den Vögeln und Reptilien weiter rückwärts, dem Herzen zu; bei nackten Reptilien erleidet ihr Vorkommen noch einige Zweifel, wiewohl bei Fischen vielfach ein Organ gefunden wurde, welches dieser Drüse seinem Baue nach zu entsprechen scheint. Es liegt am Stamme der Kiemenarterie, bald weiter nach hinten, bald mehr nach vorn, selbst bis zur Theilung derselben in die Gefäße für die Kiemen. — Auch in dieser Drüse finden sich Bläschen von wahrscheinlich zellenartiger Natur, darin eingeschlossene junge Zellen, die Wände der Bläschen bekleidend, außerdem freie Zellen, welche jüngere Bläschen zu seyn scheinen; kurzum der ganze Befund deutet auch hier ein Zellenleben, Entstehen und Vergehen von Zellen mit den eben ausgesprochenen Consequenzen an. Da auch von diesem Organe nicht bekannt ist, daß sein jedenfalls proteinreicher Inhalt durch Entbehrung der Nahrung besonders in Anspruch genommen werde, so müssen wir auch hier wohl voraussetzen, daß es mehr eine bestimmte Veränderung des Blutes beabsichtige. — Es ist zur Zeit der Geburt, wenigstens bei dem Menschen, verhältnißmäßig am größten. — Die mehrfach vorgenommene Ausschneidung des Organs bei Thieren hat kein bestimmtes Resultat über irgend eine daraus sich entwickelnde Abweichung in den Lebensfunktionen gegeben.

Der Hirnanhang findet sich bei allen Wirbelthieren an der Basis des Gehirns und soll viel Aehnlichkeit im feinern Baue mit den genannten Organen darbieten. Wo der Hirnanhang zweilappig ist, betrifft diese Structurbeschaffenheit aber nur den einen Lappen.

Die Thymusdrüse liegt bei den Säugethieren in der Brust hinter dem Brustbeine, bei manchen auch am Halse hin nach vorn entwickelt. Bei den Vögeln soll sie zu beiden Seiten am Halse, bei den meisten Reptilien an den großen Arterientheilungen liegen. Bei mehreren Fischen und einigen kiementragenden Reptilien hat man ein Organ als Thymus angesprochen, welches sich am obern Theile des Kiemenapparates befindet. Sie nähert sich,

wenigstens bei den höheren Wirbelthieren, in ihrem Bau den eigentlichen Drüsen, noch weit mehr, als die bisher besprochenen, indem sie nicht bloß aus einzelnen für sich abgeschlossenen Bläschen besteht, sondern einen Kanal besitzt, mit welchem die einzelnen Hohlräumchen der Drüse in Verbindung stehen. Ein Ausführungsgang ist freilich dieser Kanal dennoch nicht, da er eben keine weitere Oeffnung hat, und es ist derselbe somit für den Augenblick auch physiologisch ziemlich gleichgültig. Wichtiger ist dagegen, daß diese Drüse, wie wenigstens bei den Säugethieren und Vögeln nachgewiesen worden ist, ihre bedeutendste relative Entwicklung bald nach der Geburt erreicht, dann noch einige Zeit wächst, allmälig aber zu Grunde geht, indem an ihrer Statt sich Fettablagerungen bilden. Nimmt man damit zusammen, daß sie in Folge starker Körperanstrengungen frühzeitig *schwinden soll*, so hat allerdings die Vermuthung einigen Grund, daß dieses Organ *mit seiner proteinreichen* Flüssigkeit ein Nahrungsbehälter sey. Man hat in dieser Hinsicht mit Recht auch daran erinnert, daß ja die Frucht im Ei oder Uterus ihre Nahrung continuirlich aufnehme, daß also ein Organ bei der eben geborenen Frucht wohl begreiflich sey, welches bei der Nahrungsaufnahme jedes Mal sich stärker füllend, bis zur nächsten Aufnahme von Nahrung allmälich wieder dem Blute etwas zurückgebe, und so für das Thier den Uebergang von der continuirlichen zu der unterbrochenen Ernährungsweise vermittele. Am Halse mancher Säugethiere, namentlich aber bei den Winterschläfern findet sich noch eine andere meist sehr ausgedehnte, auch bis an den Thymus in die Brusthöhle reichende, drüsenartig aussehende Masse, welche man Fettdrüse, auch Winterschläferdrüse genannt hat. Diese bleibt während des ganzen Lebens, erleidet aber Wechsel ihrer Zustände, namentlich bei den winterschlafenden Thieren, indem ihr in Zellen eingeschlossener Inhalt im Winter in größerer Menge vorhanden und mehr proteinreich seyn, im Sommer mehr aus Fett bestehen soll. Somit dürfte auch diese, relativ bedeutende Masse wohl hauptsächlich als Nahrungsmagazin aufgefaßt werden. Indessen bleibt zu wünschen, daß der Zustand vor Beginn und nach Beendigung des Winterschlafes genauer verglichen werde. — Wenn die Thymus schwindet, so entwickelt sich diese Fettdrüse noch weiter in die Brust hinein.

Gänzlich von den übrigen Blutdrüsen verschieden und weit schwieriger zu enträthseln in ihrem Bau ist die nur bei einigen wenigen Wirbelthieren nicht beobachtete, sonst bei allen leicht aufzufindende Milz. Dieses Organ ist durch starken Blutgehalt meist braunroth von Färbung, hält sich in seiner Lage in der Nähe des Magens (gewöhnlich entschieden links von demselben) und ist nur in selteneren Fällen (bei einigen Cetaceen und mehreren Fischen) durch eine Anzahl kleinerer Milzen oder durch eine Milz mit kleineren Nebenmilzen dargestellt. Die Milz besteht zu einem sehr großen Theile aus Blutgefäßen, von welchen namentlich die Venen in ihren feineren Verzweigungen ungemein feine Wandungen zeigen. Außer den Blutgefäßen enthält die Milz elastische und bei vielen Thieren auch contractile Fasern, welche gleichfalls schwammartig angeordnet sind, d. h. sie bilden ein nach allen Richtungen verzweigtes Netz von Bälkchen, in deren Maschen wieder feinere und feinere netzartig verbundene Stränge contractiler und elastischer Fasern eingesetzt sind. Dieses ganze System gröberer und feinerer bis feinster (dem bloßen Auge unsichtbarer) Bälkchen bildet also eine Art von Gerüst, in welchem die Blutgefäße vertheilt sind. Die elastischen Fasern bilden auch noch einen Ueberzug des ganzen Organes und finden sich auch hier bei verschiedenen Thieren mit contractilen Fasern verbunden. Die Contractilität des Organes, welche nach diesem mikroskopischen Befunde sehr wahrscheinlich war, hat man auch bei einigen Säugethieren durch den magneto-elektrischen Apparat deutlich nachzuweisen vermocht. Außer diesen zusammensetzenden Theilen der Milz sind noch zu beachten die eigenthümlichen Hüllen oder Scheiden, mit welchen die Arterien und Venen von der Oberfläche des Organes an bis zu einer gewissen Feinheit der Verzweigung umhüllt sind und die sog. Milzbläschen, deren Vorkommen wohl nur bei Säugethieren, Vögeln und beschuppten Reptilien als sicher anzunehmen ist. Diese Bläschen stehen mit den Scheiden feinerer Ar-

terien in Verbindung. Sie enthalten eine zuweilen gerinnbare, bald mehr klare, bald weißliche, bald röthliche Flüssigkeit. — Die Umstände, welche man gegenwärtig wohl mit Recht für die Funktion der Milz für besonders bedeutend hält, sind folgende: Man findet in der Milz, theils wohl von Blutgefäßen umschlossen, theils auch in Form von Extravasaten, Blutkörperchen in verschiedenen Graden der Verkümmerung: verschrumpft, dunkel gefärbt, endlich auch wohl zerfallen, und es sind von diesen abgestorbenen Blutkörperchen häufig mehrere in Zellenmembranen eingehüllt. Außerdem scheint die Untersuchung des Milzvenenblutes auch zu ergeben, daß in diesem Organe Blutkörperchen verschwinden müssen, indem dieses Venenblut deren weniger enthält, als anderes. — Diese Umstände, so wie auch die öfter beobachtete röthliche Färbung der Milzlymphe, scheinen anzudeuten, daß in der Milz viele Blutkörperchen zu Grunde gehen. Eine Auffassung, welche um so mehr begründet genannt werden darf, als ähnliche Veränderungen und Einkapselungen von Blutkörperchen auch in pathologischen Blutergüssen (Extravasaten) gefunden werden. — Man hat beobachtet, und dieß ist aus dem Vorhandenseyn des contractilen Gewebes nun sehr begreiflich, daß das Volumen der Milz gewissen Schwankungen ausgesetzt sey. Diese scheinen in einem Verhältnisse zu den Zeiten der Nahrungsaufnahme zu stehen, welches wenigstens der obigen Vermuthung nicht widerspricht. Hierin sind freilich nur Andeutungen ohne großen Werth gegeben. Aber es ist wohl nicht möglich, jetzt über dieselben hinaus zu gehen, ohne sich in Vermuthungen zu verstricken, welche allzusehr in der Luft stehen, um auf einen wissenschaftlichen Charakter Anspruch machen zu können. Doch mag schließlich noch bemerkt seyn, daß wir in der Milz vielleicht die einzige der Blutdrüsen vor uns haben, deren Funktion in näherer Beziehung zu einem bestimmten andern Organe steht. Denn ihr Blut fließt der Pfortader zu, gelangt also zunächst in die Haargefäße der Leber. So wenig wir nun auch etwas Näheres über die funktionelle Beziehung dieser beiden Organe zu sagen vermögen, so scheint es doch unter solchen Umständen wohl gewagter, eine solche ganz zu verwerfen, als sie anzunehmen.

III. Die Athmung.

Die Athmung, Respiration der Thiere ist ein Vorgang, in welchem die Thiere Sauerstoff aus dem umgebenden Medium anziehen und Kohlensäure abgeben. Bei Thieren, welche in der Luft athmen, besonders aber bei warmblütigen, verbindet sich mit der Athmung stets auch ein Verlust an Wasser in Gasform, sowie man bei solchen Thieren auch meist eine geringe Aushauchung von Stickstoff bemerkt.

Da die Kohlensäure nicht als solche in die thierischen Körper eingeführt wird, sondern dieselben nur durch ihre Nahrung und durch die Athmung selbst die Elemente zur Bildung jenes Gases erhalten, da der Kohlenstoff ferner hauptsächlich nur in ternären und quaternären Verbindungen in die Thiere gelangt, so ist die beständige Ausleerung der Kohlensäure ein unmittelbarer Beweis für die stets fortschreitenden chemischen Zersetzungen im Thierleibe, und manche Erscheinungen deuten auf den innigen, nothwendigen Zusammenhang eben dieser steten Zersetzung mit dem normalen Thätigseyn der wichtigsten Organe.

Eben wegen dieses tiefen Eingreifens des Athmungsvorganges in den thierischen Lebensproceß, so weit wir beide Vorgänge zu erforschen Gelegenheit gehabt haben, ist es eine sehr wichtige Frage, ob die Athmung in der oben bezeichneten Weise ein allgemeines Eigenthum der Thiere sey. Aber eben wegen dieser Umstände nehmen wir auch vorläufig an, daß dem so sey, daß alle Wesen, die durch Ernährung, Bewegung u. s. w. als Thiere charakterisirt sind, auch in diesem Punkte sich wie die übrigen verhalten. Die Entdeckung einer Sauerstoffaushauchung bei der Frustulia salina, welche wir Wöhler verdanken, sowie bei den Euglenen und einigen anderen sog. Infusorien, wird deßhalb auch für jetzt mehr geeignet seyn, unsere Zweifel an der thierischen Natur jener Wesen zu verschärfen, als uns an der Allgemeinheit der bezeichneten Athmungsweise zweifelhaft machen können. Die Aushauchung des Sauerstoffs ist Charakter

der Pflanzen und wir sehen in dieser wie in anderen chemischen Thätigkeiten der Thiere und Pflanzen das gegenseitige Bedingtseyn der beiden Reiche gegründet: jedes liefert, sey es als Resultat seiner bildenden oder seiner zersetzenden Thätigkeit, Produkte, welche wieder von dem andern aufgenommen werden. Diese große Thatsache des Naturhaushaltes beruht auf vielfacher Erfahrung und man wird die Allgemeinheit der Regel nicht ohne sehr schlagende Beweise aufgeben.

Die Athmung kann in verschiedenen umgebenden Mitteln geschehen, in gasförmigen und in tropfbar flüssigen; in den meisten Fällen ist es aber entweder die gewöhnliche Atmosphäre oder das Wasser, das süße oder das salzige, mag es in größeren Massen als Fluß, See u. s. w. ausgebreitet seyn, oder nur in den kleinsten Mengen, für das Leben mancher Wesen jedoch ausreichend, als tränkende Feuchtigkeit den Boden durchziehen. Die Bedingungen der Respiration scheinen in allen Fällen aus physikalischen Gesetzen begreiflich zu seyn. Man kann das Abgeben und Aufnehmen der Gase von Seiten der thierischen Säfte nach denselben Gesetzen begreifen, nach welchen es auch bei dem Wasser geschehen könnte und unter Umständen geschieht. Wird die Respiration durch gegenseitige Einwirkung thierischer Säfte und der Atmosphäre vollzogen, so müssen die Gase, welche vom thierischen Körper ausgehen, aus dem tropfbar flüssigen Zustande in den gasförmigen übergehen, während der Sauerstoff umgekehrt tropfbar flüssig werden muß.*) Die thierischen Säfte haben, ebenso wie das Wasser, die Fähigkeit, unter bestimmten Verhältnissen eine bestimmte Quantität gewisser Gase tropfbar flüssig zu machen und in sich aufzunehmen. Die Verhältnisse, welche auf diese Quantitäten bedingend einwirken, sind theils die besondere Verwandtschaft der Flüssigkeit zu bestimmten Gasen, theils Verhältnisse der Temperatur und des Druckes. Die Verwandtschaft des Wassers zu verschiedenen Gasarten ist verschieden stark. Wenn man unter gleichen Temperaturverhältnissen eine Quantität Wasser, welches kein Gas in jener tropfbar flüssigen Form in sich enthält, ein Mal mit Kohlensäure, ein Mal mit Sauerstoff, ein drittes Mal mit Stickstoff in Berührung bringt, so nimmt es von dem ersten mehr als von dem zweiten, von dem zweiten mehr als von dem dritten in sich auf. Das Wasser, welches in Berührung mit der Atmosphäre steht, nimmt die Gase desselben in sich auf, aber nicht in denselben Verhältnissen, in welchen die Atmosphäre sie enthält, sondern mehr Sauerstoff, weniger Stickstoff. (Während die Atmosphäre kaum 21 Volumtheile Sauerstoff enthält, zeigt das aus dem Wasser entwickelte Gasgemenge bis zu 32 Volumtheilen und darüber.) Druck und Temperatur wirken auf den Uebergang der Gase im Wasser ebenso, wie sie überhaupt auf die Gase wirken, auch wo kein Wasser zugegen ist. Sie können selbstständig den Uebergang der Gase in die tropfbare Form bewirken, wo sie in hinreichendem Maße einwirken, und fördern sich dabei gegenseitig: Kälte die Wirkung des Druckes, oder umgekehrt. So fördern sie denn auch, wo Wasser zugegen ist, die Aufnahme der Gase in dasselbe. Wenn man also diesen Zustand der Gase einen aufgelösten nennt, so muß man doch beachten, daß dieser Sprachgebrauch nicht ganz glücklich ist. Es handelt sich hier um eine Verdichtung. Davon ist bei dem Uebergange fester Körper in den tropfbaren Zustand nicht die Rede. Die Temperaturverhältnisse wirken auf die letztere in Beziehung auf diesen Uebergang meist geradezu entgegengesetzt wie bei jenen; eine Wirkung des Druckes aber auf die Auflösung fester Körper ist durchaus nicht bekannt. Indessen fügen wir uns dem Sprachgebrauche.

Für die Respiration sind die Wirkungen der Temperatur auf die Auflösung der Gase vielleicht gleichgültig. Wichtig sind aber die Einflüsse des Druckes, besonders des Druckes der verschiedenen Gase in Gasgemengen, welche mit einer Flüssigkeit in Berührung stehen. In Gasgemengen nämlich haben wir den Antheil, welchen die einzelnen Gase an dem Drucke

*) Daß wir auf eine Controverse über den Zustand der Gase in tropfbaren Flüssigkeiten nicht eingehen, durch Adoption einer bestimmten Ansicht aber auch nichts entscheiden wollen, wird man begreiflich finden.

nehmen, isolirt zu betrachten und aus diesem Antheile, sowie aus der besondern Verwandtschaft der Flüssigkeit, gehen die Proportionen hervor, in welchen die Gase in selbige eintreten. Die Wirkung des Druckes der besonderen Gasarten wird sich zeigen, wenn wir Wasser z. B. mit einem Gemenge der atmosphärischen Gase in ungewöhnlichen Verhältnissen zusammenbringen. Enthält das Gemenge ungewöhnlich viel Sauerstoff, so nimmt das Wasser auch von diesem noch mehr auf, als gewöhnlich u. s. w.

So ist auch der Austausch zu verstehen, welcher zwischen den aufgelösten Gasen einer Flüssigkeit und der die Flüssigkeit berührenden Luft Statt finden kann. Nehmen wir z. B. an, daß eine Quantität von Wasser dem Drucke einer reinen Sauerstoffatmosphäre ausgesetzt gewesen wäre und dem angemessen sich mit O gesättigt hätte. Setzte man nun an die Stelle der Sauerstoffatmosphäre eine reine Stickstoffatmosphäre, so würde das Wasser N aufnehmen und sein O ausscheiden. Man muß sich hiebei vor dem Mißverständnisse hüten, als wenn das in Auflösung übergehende N das aufgelöste O vertriebe. Das O tritt nur deßhalb aus, weil keine Sauerstoffatmosphäre mehr auf das Wasser drückt. Denkt man sich das Wasser mit der Sauerstoffatmosphäre in einem dichten Behälter und treibt man in diesen, ohne Sauerstoff herauszulassen, noch irgend ein anderes Gas, so wird das Wasser auch von diesem aufnehmen ohne dabei O zu entlassen.

Es ist hiernach begreiflich, daß eine Flüssigkeit ein Gas, welches in ihr fortwährend entstände, aus anderen chemischen Verbindungen sich bildete, an die mit ihr in Berührung stehende Atmosphäre fortwährend abgeben kann und muß, daß auch diese Abgabe um so intensiver seyn wird, daß die Flüssigkeit um so weniger von dem Gase wird in Auflösung erhalten können, je reiner die Atmosphäre selbst von demselben ist, je mehr diese Gasart durch Bewegung der Atmosphäre stets von der Oberfläche der Flüssigkeit entfernt wird. Denn je mehr dieß geschieht, um so geringer wird der Druck eben dieses Gases auf diese Oberfläche ausfallen. Ebenso verständlich ist es, daß eine Flüssigkeit, welche in einem Augenblicke von einer Gasart gesättigt gewesen wäre, von dieser aus demselben Gasgemenge eine neue Quantität würde anziehen müssen, wenn das schon aufgelöst gewesene Gas oder ein Theil desselben durch einen chemischen Prozeß gebunden würde. Auch diese Neuaufnahme muß um so lebhafter vor sich gehen, je mehr die mit der Flüssigkeit in unmittelbarer Berührung stehende Luftschicht durch Wechsel vor einer Verminderung des Gases geschützt wird, welches sie abgeben muß. Geschieht in der Flüssigkeit die Bindung des Gases continuirlich, so kann auch die Aufnahme beständig geschehen. Dieß sind Verhältnisse, von welchen sich eine unmittelbare Anwendung auf die Respiration in der Atmosphäre machen läßt.

Eine complicirtere Anwendung derselben Gesetze mag sich dort finden, wo Wasserthiere eine gewisse Quantität Luft in geschlossenen Behältern in sich tragen (s. unten). Diese Luft ist der Wechselwirkung mit dem Wasser durch dünne Schichten organischer Substanz hindurch ausgesetzt. So ist sie einerseits im Gasaustausche mit den Säften des Körpers, andererseits mit dem Wasser begriffen.

Bei der eigentlichen Wasserrespiration, wo die Säfte des Körpers mit dem Wasser in Wechselwirkung gesetzt werden, mögen wir uns wohl denken, daß sie die aufgelöst enthaltenen Gase nach den Gesetzen der Endosmose mit einander austauschen. Das heißt also: es geht Sauerstoff an das Blut vom Wasser über, weil das mit dem Wasser durch eine feuchte Membran in Wechselwirkung gesetzte Blut, im Verhältniß zu seiner Lösungsfähigkeit für O, weniger davon enthält, oder weniger damit gesättigt ist, als das Wasser. Aus den umgekehrten Verhältnissen für die Kohlensäure geht für diese der umgekehrte Gang hervor. In allen Formen der Athmung scheint also der Eintritt von O und der Austritt von Kohlensäure jeder von dem andern zunächst unabhängig zu seyn. Keineswegs treibt das O die Kohlensäure aus. Abhängig müssen sie aber von einander seyn, in sofern im Körper die stete Bildung der Kohlensäure neben anderen Zersetzungsprodukten nur durch steten Zutritt von O zu den organischen Verbindungen möglich ist. So ist der Sauerstoff, welcher in

diesem Augenblicke in das Blut übergeht, nicht die Bedingung dazu, daß in demselben Momente auch eine gewisse Menge von Kohlensäure ausgeschieden wird, aber er ist nothwendig zur Bildung der Kohlensäure, welche einige Zeit später den Körper verlassen wird.

Die Athmung der thierischen Körper setzt also voraus, daß Sauerstoffgas in ihrem Innern gebunden, Kohlensäure gebildet wird. Dieser Proceß mag im Blute geschehen, oder er mag auch daneben mehr oder minder lebhaft in der die Organe tränkenden Flüssigkeit vor sich gehen. Im letztern Falle, welchen wir auch bei den Thieren mit Blut und Kreislauf annehmen müssen, wird immer das Blut, welches die Organe durchströmt, einen Theil der Kohlensäure aus der tränkenden Flüssigkeit aufnehmen und Sauerstoff an sie abgeben, so daß in allen Thieren, welche eine eigentliche entwickelte Circulation des Blutes besitzen, nichts weiter nöthig ist, als das Blut mit einer an Sauerstoff reichen, an Kohlensäure armen Atmosphäre, oder mit Wasser, welches hinreichend Sauerstoff und wenig Kohlensäure enthält, in Wechselwirkung zu setzen, um jenen Austausch, welchen wir Respiration nennen, zu bewirken. Wo aber, wie bei den niedrigsten Thierformen, die Circulation des Blutes fehlt, vielleicht gar keine solche Flüssigkeit vorhanden ist, da braucht nur die tränkende Flüssigkeit selbst mit den Gasen der Atmosphäre oder des Wassers in hinreichende Wechselwirkung gebracht zu werden.

Es geschieht die Respiration an Flächen des Körpers, welche entweder der Außenwelt unmittelbar zugekehrt sind, oder dieselben liegen im Innern des Thieres, es wird ihnen aber das umgebende Medium zugeführt, in beständigem Strome an ihnen vorüberstreichend, oder abwechselnd ab und zu gehend. Geschieht die Athmung äußerlich, so kann entweder die ganze Oberfläche dazu dienen, oder einzelne Theile dazu besonders entwickelt seyn. Dieß geschieht besonders durch reichlichere Zufuhr des Blutes und es sind die Theile solche, an welchen das Wasser besonders frei vorüberstreicht. Auch wird der Strom des Wassers wohl noch durch besondere Veranstaltungen, Wimperhaare u. s. w. verstärkt. Ueberall ist dem Zwecke genügt, wenn eine gewisse Menge Blut mit einer gewissen Menge des umgebenden Mediums in einer bestimmten Zeit in Wechselwirkung gebracht wird. Ueberall geschieht diese Wechselwirkung durch eine dünne Schicht feuchter organischer Substanz hindurch. Diese Schicht ist zusammengesetzt aus einer dünnen Lage der äußern Haut oder der Haut des Respirationsorganes und der Wandung der feinen Gefäße. Diese Schicht fester Substanz legt, wie schon aus den ersten Grundlagen der Physiologie bekannt ist, dem Hindurchdringen von Wasser und in Wasser gelösten Stoffen kein Hinderniß in den Weg. Wäre aber eine Schicht trockener organischer Substanz zwischen den Flüssigkeiten, welche auf einander wirken sollen, so würde diese Wirkung wegfallen. Deßhalb findet bei den Thieren mit feuchter äußerer Haut, mögen sie im Wasser leben oder nicht (z. B. auch bei Landschnecken, Fröschen) und mögen sie außerdem ein besonderes Respirationsorgan haben oder nicht, ohne Zweifel stets einige Athmung auch durch die Haut Statt, während dieß bei den mit trockenen Epidermisschichten bekleideten Thieren nicht geschieht. So kann auch im Darmkanale Athmung geschehen und ein Fisch, Cobitis fossilis, soll wirklich die Gewohnheit haben, Luft zu schlucken, durch den After aber Kohlensäure von sich geben.

Die Intensität der Respiration ist bei verschiedenen Thierarten sehr verschieden, und mit ihr das Bedürfniß dieser Funktion: bei manchen Thieren kann die Respiration ohne Schaden eine Zeitlang unterdrückt werden, während andere in gleicher Zeit durch Respirationshemmung sterben würden. Wir können die Intensität der Respiration nur dann genau bezeichnen, wenn wir die Quantität von absorbirten und ausgehauchten Gasen im Verhältniß zu dem Gewichte des Körpers betrachten. So finden wir, daß für gleiche Gewichtstheile verschiedener Thiere diese Werthe sehr verschieden sind. Diesem angemessen sind denn auch sehr verschiedene Entwicklungsstufen der Respirationsorgane in verschiedenen Thieren vorhanden und auch die äußeren Verhältnisse der Respiration bald mehr bald weniger günstig.

Unter den Wirbelthieren finden sich überall besondere Respirationsorgane, durch

die Circulation mit Blut versorgt, welches in ihnen Sauerstoff von dem umgebenden Medium empfängt, Kohlensäure an dasselbe abgibt. Dieselben sind, je nachdem sie im Wasser oder in der Luft athmen sollen, nach verschiedenen Typen gebildet, deren Zweckmäßigkeit für diese besonderen Verhältnisse leicht zu begreifen ist: sie sind entweder Lungen oder Kiemen.

Die Lungen sind stets hohle Gebilde, welche durch eine einfache Oeffnung mit dem Schlunde zusammenhängen, so daß die Luft, für welche diese Organe bestimmt sind, denselben Weg ein- und auswärts nehmen muß. Diese Bewegungen der Luft werden durch verschiedene Vorrichtungen bewirkt, z. B. durch Erweiterung und Verengerung des Raumes, in welchem die Lungen enthalten und zwar so angebracht sind, daß sie diesen Bewegungen stets folgen, sich stets gleichzeitig erweitern und verengern müssen; oder es wird die Luft durch eine Art von Niederschlucken in die Lunge getrieben, so daß der Raum, in welchem sie liegt, sich passiv ausdehnt. Aber auch in diesem Falle wird die Ausathmung durch aktive Zusammenziehung der Wandung dieses Raumes bewirkt.

Die Kiemen, für das Athmen im Wasser bestimmt, sind anders gebildet. Fast überall sind auch sie so angebracht, daß sie vom Speiserohre aus das respirable Medium erhalten. Dann aber hat dieses Wasser stets einen andern Ausweg, es strömt durch die Kiemen hindurch, verläßt sie in der Richtung nach hinten und seitwärts oder nach hinten und abwärts.

Dieß ist in mehrerer Hinsicht als zweckmäßig zu erkennen. Indem nämlich das Wasser durch das Maul, also von vorn nach hinten, zu den Kiemen tritt, und durch die Kiemenhöhle wieder von vorn nach hinten dieselben verläßt, so behält seine Bewegung durch diesen Theil des Körpers dieselbe Richtung bei und es wird der Kraftaufwand erspart, welchen die Umkehrung dieser einmal gegebenen Bewegung erfordern würde, wenn die Fische das Wasser, wie die luftathmenden Thiere die Luft, wieder aus derselben Oeffnung treiben müßten, durch welche sie dieselbe erhalten. Dieser Vortheil ist noch unabhängig davon, an welchen Stellen des Körpers sich die Respirationsöffnungen befinden und welche Richtung die Bewegung des Wassers im Verhältniß zur Längsachse des Thieres hat.

Ein zweiter Vortheil hängt aber damit gerade zusammen, daß das Wasser stets die Richtung von vorn nach hinten im Verhältnisse zu dem Körper des Thieres hat, da jede andere Richtung der Bewegung desselben nachtheilig seyn müßte. Denn das Thier kann nicht eine so bedeutende Quantität von Wasser in einer bestimmten Richtung in Bewegung setzen, ohne dadurch mit ebenso viel Kraft in entgegengesetzter Richtung getrieben zu werden, als zur Bewegung des Wassers verwandt wird. Geschähe aber das Ausstoßen des Wassers durch das Maul, wie die Aufnahme, so wäre damit zwar nicht ein Verlust an Geschwindigkeit, aber eine Unregelmäßigkeit gegeben. Jedes Einathmen gäbe dem Thiere etwas Bewegung nach vorn, jedes Ausathmen etwas Bewegung nach rückwärts.

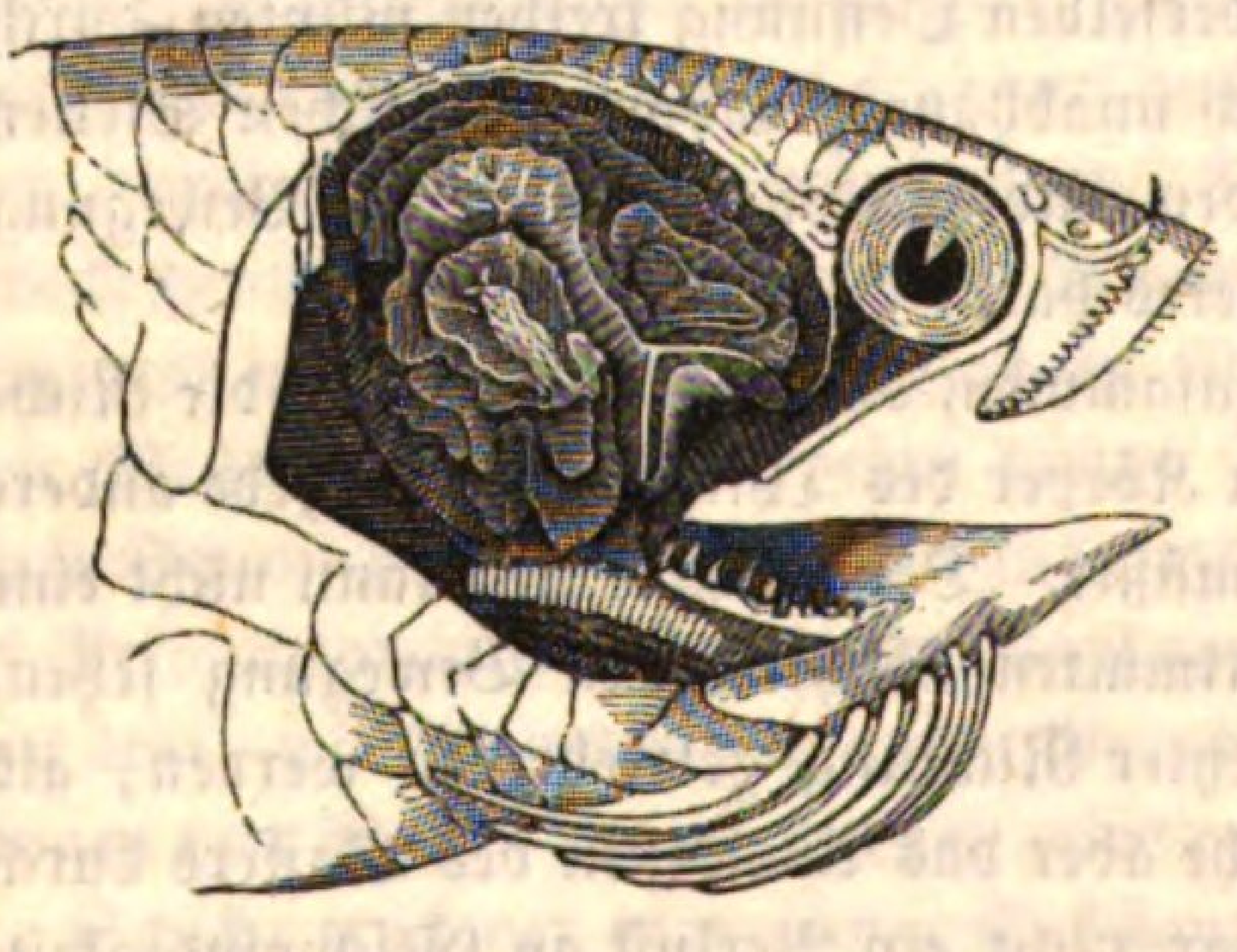
Für die Luft-athmenden Thiere dagegen ist es wenig nachtheilig, daß sie die Bewegung der Luft umkehren und sie nach vorn von sich stoßen müssen; das Gewicht der Luft, welche hierbei in Bewegung gesetzt werden muß, ist sehr gering gegen das der Wassermengen, welche für die Athmung der Fische verwandt werden.

Aber auch für die Athmung selbst ist es vortheilhaft, daß durch diese Organe stets ein Strom hindurchgeht, und so die Flüssigkeit, welche mit der athmenden Fläche in Berührung ist, vollständig erneuert wird. Dieß ist in den Lungen nicht der Fall. Hier stößt nicht die eintretende Luft die vorhandene aus, auch entleeren sich die Lungen bei der Exspiration durchaus nicht vollständig, so daß die in den Lungen enthaltene Luft stets ärmer an Sauerstoff ist, als die atmosphärische, auch einen bedeutenden Gehalt von Kohlensäure besitzt, folglich weniger geeignet ist, Sauerstoffgas an das Blut abzugeben und Kohlensäure aufzunehmen. Dieser Nachtheil der Lungeneinrichtung wird durch den Vortheil der Luftathmung aufgewogen, da offenbar ein Kiemenathmer eine sehr große Menge von Wasser in Bewegung setzen, durch seine Kiemen treiben muß, um dadurch den Sauerstoff zu erhalten, den ein Lungenathmer aus einer nicht bloß an Gewicht, sondern selbst an Volumen weit kleinern

Menge der Atmosphäre erhält. Ferner begründet dieselbe Einrichtung der Lungen, durch welche es unmöglich wird, sie ganz von Kohlensäure zu entleeren, auch dieselbe Unmöglichkeit für den Wasserdampf. Dieß ist aber für die Luftathmung wichtig, indem sie, besonders bei warmblütigen Thieren, dem Körper ohnehin eine Menge von Wasser entführt.

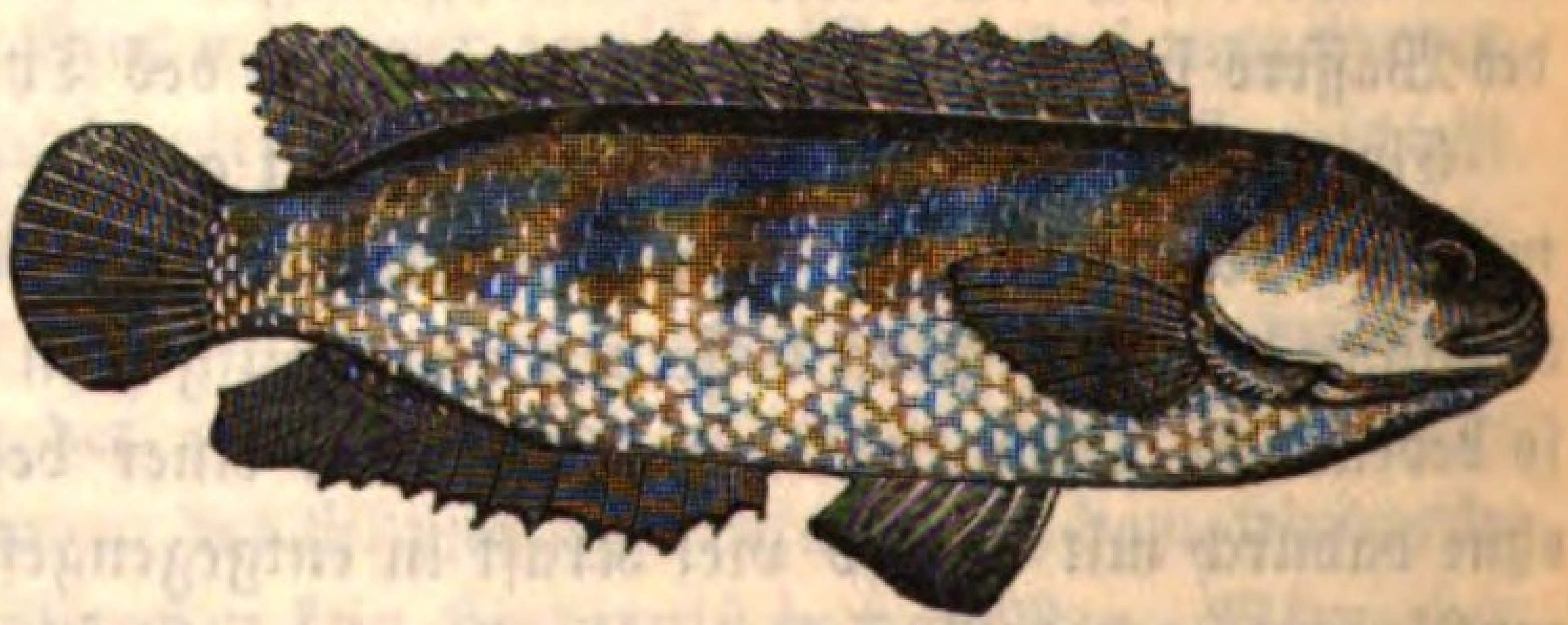
Die Einrichtung der Kiemen brauchte auf diesen Umstand natürlich nicht Rücksicht zu nehmen und es sind dieselben durch ihre Einrichtung auch unfähig, längere Zeit an der Luft zu athmen. Theils geschehen nämlich die Blutgefäßverzweigungen dieser Organe an so feinen und weichen Spitzen und Fältchen der Schleimhaut der Kiemen, daß dieselben zu ihrer Entfaltung das Schwimmen im Wasser nöthig haben. In der Luft fallen sie zusammen, was sowohl die exponirte Oberfläche verringert, als auch die Blutbewegung behindern muß. Außerdem aber trocknen sie auch bald an der Oberfläche und werden dadurch zur Respiration noch unfähiger. Daß eben das Austrocknen der Kiemen der Hauptumstand ist, durch welchen ein Aufenthalt in der Luft den Fischen tödlich wird, geht auch aus den besonderen Verhältnissen hervor, durch welche es einigen Fischen ausnahmsweise möglich wird, das Wasser auf eine Zeit zu verlassen. Entweder sind bei solchen Thieren die Kiemenöffnungen eng, so daß die Luft nicht so freien Zutritt hat (bei den Muraena L.), oder es sind besondere merkwürdige Veranstaltungen getroffen, um die Kiemen durch über sie hinlaufendes Wasser feucht zu halten. Diesen Zweck schreibt man den Höhleneinrichtungen im obern Theile der Kiemenhöhle der Labyrinthfische zu, in welchen ein kleiner Wasservorrath sich befinden und beim Aufenthalte des Thieres in der Luft die Kiemen feucht erhalten soll. Jedenfalls wird ein

Fig. 160.



Respirations-Apparat von Anabas.

Fig. 161.



Anabas.

solcher Wasserbehälter die Luft in den Kiemen feucht erhalten können. In der Fig. 160 ist die Kiemenhöhle des Anabas geöffnet dargestellt und zeigt in ihrem untersten Theile die kammförmigen Kiemen, darüber aber die Labyrinth-Entwicklung der zum Kiemenskelette gehörigen sog. oberen Schlundknochen. Der Gefäßvertheilung nach ist aber anzunehmen, daß diese Höhlenbildung auch selbstständig als Respirationsorgan diene, denn es verzweigen sich an ihren Wandungen Aeste derselben Gefäße, welche zu den Kiemen verlaufen und das von ihnen abfließende Blut nimmt auch, wie das der Kiemen, den Weg in die Aorta.

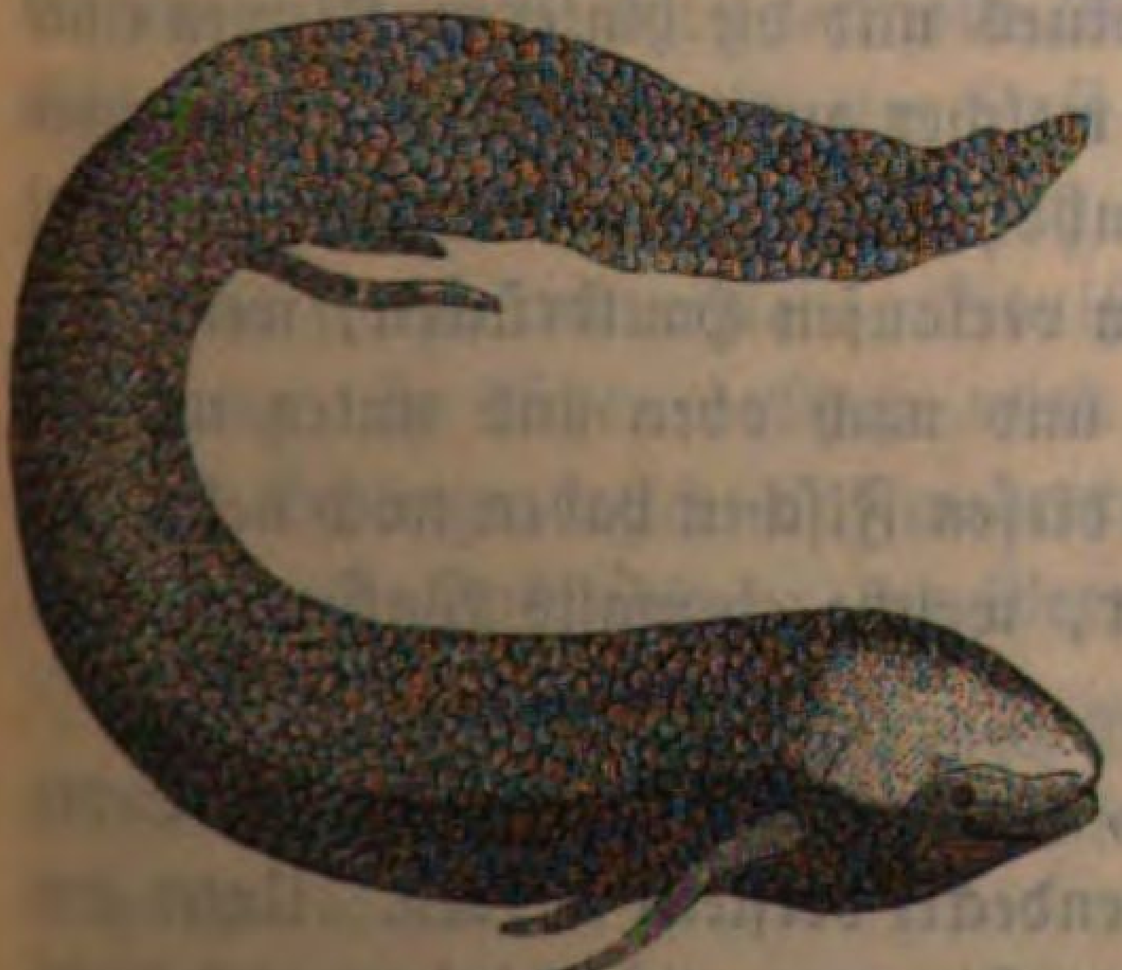
Wir gehen zu einer nähern Betrachtung des Baues der Athmungsorgane über. Bei der großen Mehrzahl der Fische sind diese Apparate einander ähnlich genug, um von einer gemeinsamen Beschreibung umfaßt werden zu können; dieß gilt von allen Knochen- und selbst noch von einigen Knorpelfischen. Die verhältnißmäßig wenigen Gattungen, welche von dieser Form so weit abweichen, daß sie noch besonders besprochen werden müssen, bieten dann noch unter einander sehr merkliche Verschiedenheiten dar. Die gemeinste Anordnung des Athmungsorganes ist folgende: das Wasser, welches durch die Mundöffnung eintritt, findet im hintern Theile der Mundhöhle, oder vor dem eigentlichen Schlunde jederseits mehrere,

meist fünf, Oeffnungen um die Mundhöhle wieder zu verlassen. Diese meist spaltenförmigen Oeffnungen sind durch vier knöcherne, mit dem eigentlichen Respirationsapparate bekleidete Bögen von einander getrennt und münden nicht unmittelbar nach Außen, sondern in die sogenannte Kiemenhöhle, einen Zwischenraum zwischen dieser von Spalten durchbrochenen Mundwand und dem sog. Kiemendeckel, einer Art von Klappe, welche, nach vorn befestigt, hinten eine Oeffnung zwischen ihrem Rande und den Schulterknochen läßt, welche die Kiemenhöhle nach hinten begrenzen. Durch diese oft sehr weite Spalte tritt das Wasser aus der Kiemenhöhle wieder in's Freie. Die festen Kiemenbögen zwischen den Spalten sind mit ihrem einen Ende an die oberen Schlundknochen unter der Schädelbasis geheftet, laufen von da nach hinten und außen, krümmen sich abwärts und erhalten dann die Richtung nach vorn und innen, convergiren hier gegen die Mittellinie des Körpers und befestigen sich meist an eine in dieser Linie befindliche Reihe von Knöchelchen, welche nach vorn mit dem Mittelstücke des Zungenbeines zusammenhängen.

Die vier knöchernen Bögen sind von Schleimhaut bekleidet, welche die Grundlage zahlreicher Fortsätze bildet. Nach der Mundhöhle hin ist sie häufig mit harten Theilen, feinen Zähnchen u. s. w. incrustirt, welche vielleicht hie und da auch den Zweck haben, kleine, dem inspirirten Wasser beigemengte Gegenstände abzuhalten, daß sie nicht in die Kiemenhöhlen gelangen. Von einem Kiemenbogen gegen den andern hin, also in die Oeffnung zwischen beiden vorgestreckt, findet man häufig Erhabenheiten, welche an den beiden, eine Kiemenspalte begränzenden, Bögen alternirend stehen, so daß die Spalte dadurch eine Zickzackform erhält. Diese werden gewiß als ein Schutz der Kiemenhöhle gegen fremde Körper anzusehen seyn. Ein Näheres darüber bei Gelegenheit der Kehlritze der luftathmenden Wirbelthiere. Die wichtigsten sind aber die Fortsätze, welche auf der convexen, nach hinten und außen (in die Kiemenhöhle) gerichteten Seite der Kiemenbögen sich erheben. Hier bietet die Fläche des knöchernen Bogens eine seiner Länge nach laufende Rinne dar, oder mit anderen Worten, der Bogen ist auf dieser Seite querconcav. Auf den Rändern dieser Rinne stehen die sogenannten Kiemenstrahlen, feine Knorpel- oder Knochenblättchen, zwei Reihen bildend. Ihre Basis ragt über den Canal vor und sie sind hier auf mehrfache Weise unter einander verbunden. Das andere Ende der Blättchen liegt frei. Die Blättchen sind mit zarter gefäßreicher Schleimhaut bekleidet, welche durch feine Querfältchen eine noch ausgedehntere Oberfläche erhält. Das Haargefäßsystem dieser Haut erhält sein Blut von einem Gefäße, welches von unten nach oben in dem Kanale des Kiemenbogens aufsteigt und sich, den Blättchen Aeste auf Aeste abgebend, nach oben verliert, während das aufnehmende Gefäß, in demselben Kanale aufsteigend, sein Blut nach oben dem Systeme der Körperarterien zuführt.

Manche Besonderheiten zeigen sich zwar in diesen Einrichtungen bei verschiedenen Fischen: Reduction der Anzahl der Kiemenblattreihen; manchmal finden sich statt acht jederseits nur sieben, indem am hintersten Kiemenbogen die zweite Reihe fehlt, wobei dann auch die Spalte hinter demselben wegfällt; in seltenen Fällen kommen noch geringere Zahlen der Kiemenblattreihen vor. Bei den Syngnathen und anderen Lophobranchiaten stellen sich die Blättchen verkürzt dar und sind an ihren freien Enden mit Büscheln besetzt. Es kommen ungewöhnliche Zahlen der Kiemenbögen vor, z. B. bei den Lepidosiren, welche bei erhöhter Zahl derselben jedoch nicht einmal die gewöhnliche Menge von Kiemenblattreihen besitzen. Indessen sind diese großentheils physiologisch nicht besonders wichtig. Die bei den Lepidosiren vorkommenden Kiemenbögen ganz ohne Blättchen haben jedoch eine Beziehung zu

Fig. 162.



Lepidosiren.

der merkwürdigen Ausrüstung dieser Thiere, welche neben den Kiemen noch Lungen besitzen. An diesen kiemenlosen Bögen steigen starke Blutgefäße auf und bringen Blut, welches nicht respirirt hat, in die Arterien, welche dann zum Theil den Lungen sich zuwenden.

Andere accessorische Athemwerkzeuge der Fische, von denen eine Form schon oben erwähnt wurde, sind zum Theil lungenähnlich, indem sie einfachere oder complicirtere Höhlenbildungen darstellen. Sie haben aber ihr Blut aus derselben Quelle wie die Kiemenblättchen, hängen auch nicht direkt mit dem Schlunde zusammen, wie sonst die Lungen thun, sondern nur indem sie in der Kiemenhöhle sich befinden (wie das Labyrinth in den oberen Schlundknochen von Anabas) oder eine Erweiterung derselben zwischen die Muskeln des Rumpfes darstellen. So bei Heteropneustes (Müll.) und Amphipnous (Müll). Der dem Heteropneustes nahe stehende Heterobranchus hat aber statt dieser Höhlen wieder eine andere Eigenthümlichkeit in baumförmigen Auswüchsen auf einigen Kiemenbögen.

In Verbindung mit der beschriebenen Hauptform des Kiemenapparates sind auch die Kiemen einiger nackten Amphibien zu betrachten. Bei einigen derselben sind die Kiemen zwar nur während des frühern Theiles des Lebens vorhanden, und würden deßhalb nur in der Entwicklungsgeschichte zu betrachten seyn. Bei anderen aber, den Perennibranchiaten, z. B. dem Proteus, bleiben sie zeitlebens. Sie stehen auf ähnliche Weise auf den Kiemenbögen, wie die beschriebenen, haben aber statt der Form von Blättchen vielmehr die von großen Büscheln, sind nicht vom Kiemendeckel eingesperrt, sondern treten außen frei hervor. Unter den übrigen

Fig. 163.



Froschlarve.

Fig. 164.



Axolotl.

Fischen ist noch eine Form der Kiemenbildung recht ausgebreitet, nämlich durch die zahlreichen Rajiden und Squaliden hindurch, welche sich an die eben beschriebene durch eine bei den Chimären vorkommende Zwischenform anreiht. Bei allen Haien und Rochen führen nämlich die Spalten aus dem Munde nicht erst in eine Kiemenhöhle, sondern direkt nach außen und mit jener Höhle fehlt natürlich auch der Kiemendeckel. Die Kiemen liegen dennoch nicht unbedeckt, sie sind äußerlich nicht wahrnehmbar, aber ihre Bedeckung ist auf andere Weise erreicht. Von jedem Kiemenbogen nämlich (deren sich hier bis 5 und 6 finden) erhebt sich zwischen den Kiemenreihen eine Scheidewand, welche mit ihrem äußern und hintern Rande die äußere Körperfläche erreicht und hier von der Haut überzogen ist. Diesen Scheidewänden sind die Kiemen dicht angewachsen, stellen nicht mehr freie Blättchen dar, sondern Schleimhautfalten an der Fläche jener Wände. So befinden sich die vorderen Kiemen eines und die hinteren Kiemen eines nächsten Bogens jedesmal zusammen in einem Kanale, welcher aus dem Maule nach außen führt und sowohl als Kiemenspalte wie auch als Kiemenhöhle betrachtet werden kann. Jede Spalte öffnet sich für sich nach außen und zwischen ihnen verlaufen Hautbrücken, welche den äußern hintern Rand der Septa der Kanäle bekleiden und nach oben und unten mit der allgemeinen Körperhaut sich fortsetzen. Manche unter diesen Fischen haben noch neben den eigentlichen Kiemen ein Paar sogenannter Spritzlöcher, welche ebenfalls Wasser aus dem Maule nach außen leiten können.

Die Uebergangsform der Chimären besteht darin, daß die äußeren Ränder der Septa nicht frei liegen, sondern noch von einer Art von Kiemendeckel versteckt werden. Unter den Cyklostomen oder Beutelkiemern (Marsipobranchii) ist der Kiemenapparat einiger noch wohl dem der Selachier zu vergleichen. Die Kiemen liegen in einer Reihe von Beuteln jederseits

und bekleiden deren hintere und vordere Wände. Die Vertheilung der Blutgefäße ist aber hier insofern abweichend, als jeder Beutel sein besonderes Gefäß bekommt, während die Selachier dem Typus der Knochenfische darin folgen, daß allemal die Kiemen eines Kiemenbogens, also die hinteren Kiemen einer und die vorderen Kiemen der folgenden Spalte zusammen ein Gefäß erhalten. Auch die Kanäle zwischen den Kiemenbeuteln und dem Speiserohre sowohl als der äußern Leibesfläche zeigen Eigenthümlichkeiten und Verschiedenheiten unter den Marsipobranchii selbst. So hat zwar bei den Petromyzen jeder Kiemensack seine Oeffnung nach außen. Mit dem Schlunde hängen sie aber sämmtlich durch eine Röhre zusammen, welche, nach vorn in den Schlund mündend, unter demselben rückwärts verläuft und durch Seitenöffnungen mit den Kiemenbeuteln zusammenhängt. *)

Fig. 165.



Lamprete.

Bei den Myxinoiden dagegen communicirt jeder Kiemensack direkt mit dem Schlunde und bei den Heptatremen unter ihnen auch nach außen, während bei Gastrobranchus die nach außen führenden Kanäle aller Säcke jederseits zu einer gemeinschaftlichen Oeffnung sich vereinigen. Durch diese Oeffnung oder (bei Heptatrema) durch die letzte äußere Kiemenöffnung mündet auch noch ein besonderer Kanal aus dem Oesophagus nach außen. Endlich haben diese merkwürdigen Fische noch eine Oeffnung ihrer wie bei den Petromyzen röhrenförmig gebildeten Nase in den Schlund, so daß das Wasser bei ihnen nach Umständen in verschiedenen Richtungen mag gehen können, was mit ihrer Lebensweise, ihrem Ansaugen namentlich, in Verbindung stehen muß.

Ganz eigenthümlich ist endlich noch die Einrichtung der Athemorgane des Branchiostoma lubricum oder Amphioxus lanceolatus, eines in so vieler Hinsicht einzigen Fisches. Seine Kiemenspalten sind wie bei den Knochenfischen Spalten des Darmrohres. Aber die gleich auf den Mund folgende Abtheilung, an welcher sie sich befinden, liegt schon in der Leibeshöhle, so daß das Wasser durch die Kiemenspalten in diese gelangt, welche es durch eine einfache, unter dem Bauche liegende Oeffnung wieder verläßt. Die Kiemenspalten sind von feinen Knorpelstäbchen und den respiratorischen Blutgefäßen begränzt, jedoch ohne besondere Anhänge.

Die Luftathmungsorgane der Wirbelthiere oder Lungen sind sowohl anders gebaut, als auch anders im Körper gelagert, als die Kiemen; so wird ihnen auch die Luft in der Regel auf einem Wege zugeführt, welcher bei den Fischen, mit Ausnahme einiger Cyklostomen, gar nicht vorhanden ist, wenn nicht neben der Kiemenathmung auch Lungenathmung Statt findet, wie bei Lepidosiren, wo sich ebenso, wie in den drei höheren Wirbelthierklassen eine Durchbohrung der Nasenhöhle in das Maul findet. **) Durch die Beziehung zwischen Athmungs- und Geruchsorganen wird in den letzteren die Luft in steter Bewegung erhalten und somit ihre luftprüfende Funktion in Thätigkeit gesetzt. Zugleich aber hat dieses Verhältniß auch wohl eine zweckvolle Rückwirkung auf die Athmung, indem die übelriechenden Beimengungen der geathmeten Luft bei längerer Einathmung gewiß auch vielfältig sich als schädlich erweisen würden. Durch den widrigen Eindruck derselben wird aber das Thier veranlaßt sie zu vermeiden. So ist das Geruchswerkzeug ein indirektes Schutzorgan der Athmung. In höherem Maße wird sich dieß alsbald von einem anderen Organe ausweisen, von der Kehlritze, welche auf mehrere Weise die Lungen beschützt.

Dieser Zusammenhang der Geruchshöhle mit dem Munde findet in sehr verschiedener

*) Uebrigens kann man sich durch Beobachtung lebender Neunaugen leicht überzeugen, daß sie das Wasser durch die Kiemenlöcher auch aufnehmen können, indem sie lebhaft athmen, während sie sich festgesogen haben.

**) Wenn man bei L. annectens blind geschlossene Nasenhöhlen beschrieb, so geschah das mit Unrecht, wie ich mich neuerlich an einem von Prof. Bischoff angefertigten Präparate selbst überzeugt habe. L.

Weise, bald sehr nach vorn, bald weit nach hinten Statt. Diese und andere begleitende Verschiedenheiten sind in Beziehung auf die Athmung besonders dann von Interesse, wenn sich ein besonderer Mechanismus der Luftzuführung darin nachweisen läßt. — Bei den Säugethieren ist die Verbindung stets sehr weit nach hinten gelegt und der knöcherne Boden, welcher Mund und Nase scheidet, nach hinten noch durch das Gaumensegel verlängert. Diese Einrichtung macht es möglich, daß die Athmung ungehindert fortgehen kann, während die Mundhöhle zu anderen Funktionen in Anspruch genommen ist. Die Zerkleinerung der Speisen im Munde ist ganz besonders bei den Säugethieren herrschend und diese oft (z. B. bei den Wiederkäuern) lange fortgesetzte Operation kann vermöge jener Einrichtung vollzogen werden, ohne die Respiration zu hindern, da die Luft gar nicht, auch durch keinen Theil der Mundhöhle, zu streichen braucht, diese Höhle auch selbst durch die vorderen Bogen des Gaumens und die Zunge, an welcher sich dieselben befestigen, Zunge und Gaumen gegen einander bewegend, völlig geschlossen werden kann. — Eine besondere Trennung der Luft- und Speisewege ist bei den Cetaceen dadurch erreicht, daß die Gießbeckenknorpel des Kehlkopfes, mit der Epiglottis (s. weiter unten) vereint, eine Röhre bilden, welche sich in der Mitte des Speisekanales erhebt und bis in das Gaumensegel aufsteigt, welches das obere Ende zirkelförmig umschließt. Bei dieser besonderen Veranstaltung ist es kaum glaublich, daß diese Thiere Wasser durch die Nase spritzen, welches sie vorher in den Mund aufgenommen hatten, wie Cuvier annahm. Dieß lassen sie vielmehr durch den Mund wieder zurückgehen und es ist die Mundbewaffnung bei den Bartenwalen offenbar wohl geeignet, selbst die kleinen Molluskeu zurückzuhalten, während das Wasser, welches mit ihnen in das Maul kam, wieder zurückgetrieben wird (über das Wasserspritzen dieser Thiere s. bei Geruchswerkzeuge).

Aehnlich den Säugethieren haben unter den übrigen luftathmenden Wirbelthieren nur die Krokodile einen weit nach hinten reichenden knöchernen Gaumen und ein kleines Gaumsegel. Einige andere Besonderheiten dieser Theile werden bei Gelegenheit des Athmungsmechanismus zu erwähnen seyn. — Die Luft tritt durch eine Spalte im Boden des Darmrohres, meist an der Wurzel der Zunge gelegen, in die eigentlichen Respirationsorgane.

Der Anfangstheil derselben ist ein unpaares, in der Mittellinie gelegenes Organ, bei den höheren Wirbelthieren stets eine Röhre, deren oberer Theil den Kehlkopf darstellt, während der fernere längere Theil, die Luftröhre, den Kehlkopf mit den Athmungsorganen verbindet. — Diese Gliederung ist bei den Säugethieren und Vögeln stets ausgebildet. Ihre Luftröhre ist ein langes Rohr, dessen Wände durch eingelagerten Knorpel oder Knochen Festigkeit erhalten. Diese festen Theile sind hier vorherrschend nach dem Typus von Ringen gebildet, welche freilich vielfach nicht geschlossen, so wie auch hie und da mit anderen Abweichungen gebildet sind. Die Ringe der Luftröhre stellen mit elastischen, contractilen Fasern und Zellgewebe einen vollständigen, innerlich mit Schleimhaut bekleideten Kanal dar. — Von ihnen unterscheidet sich das obere Ende, die Vermittlung mit dem Darmrohre bildend, durch eine ganz andere Anordnung fester Theile, welche bei Gelegenheit der Stimme näher zu betrachten sind. Indessen dient dieser Theil, der Kehlkopf, nicht immer der Stimmbildung, auch da nicht, wo sich eine Stimme findet, wie z. B. bei den Vögeln. Als Luftweg dient sie dagegen stets und es ist deßhalb interessant zu sehen, in welcher Hinsicht seine Form sich unter allen Verhältnissen gleich bleibt, in welchen anderen sie dagegen abweicht.

Es ist namentlich für die Athmung und die Beschützung der Lungen wichtig, daß der Kehlkopf die Luft, welche ihm von der hintern Nasenöffnung zugeführt wird, durch eine enge Spalte zuläßt, welche von hinten nach vorn verläuft; davon möchten nur etwa die Cetaceen eine Ausnahme machen, bei denen eine solche Schutzeinrichtung auf andere Weise ersetzt ist.

Wir nennen diese Spalte durchweg Kehlritze, da es inconsequent ist, sie bei einigen Klassen Stimmritze zu nennen, während bei den Säugethieren eine andere, tiefer im Kehlkopfe gelegene Spalte diesen Namen mit Recht führt. Henle, dessen Schrift über den Kehl-

kopf die reichste Auskunft über diesen Gegenstand gibt, nennt die Ritze Aditus laryngis. Sie ist entweder von harten Theilen seitlich eingefaßt, oder doch von Weichtheilen, welche nach vorn und hinten mit den Skelettheilen des Kehlkopfes so in Verbindung stehen, daß sie durch Bewegungen derselben gegen einander geführt werden können und so die Spalte zu verschließen im Stande sind, wie es in jenen anderen Fällen die Skelettheile selbst, durch Muskeln gegen einander bewegt, ausführen.

Dieser schmale Zugang des Kehlkopfes ist nun mit einer höchst empfindlichen Schleimhaut ausgekleidet und wird nicht nur durch feste und flüssige Körper, welche ihn berühren, sondern auch durch manche der Gasarten, welche zur Athmung untauglich sind, sehr heftig gereizt. Diese Erscheinungen sind besonders aus der menschlichen Physiologie sehr bekannt; ähnliches weiß man indessen auch durch Experimente von verschiedenen Thieren und man darf wohl annehmen, daß dieselben Erscheinungen sich sehr allgemein finden. Wird die Kehlritze durch irgendwelche fremde Körper berührt, so entstehen Reflexbewegungen, theils am Kehlkopfe selbst, krampfhafte Verschließung der Spalte, theils auch eine heftige Erregung der Ausathmungsmuskeln, der Husten. Das erstere ist geeignet ein tieferes Eindringen der fremden Körper zu verhüten, das zweite aber dient bekanntlich, um das Eingedrungene wieder hinaus zu werfen. Dieselbe Empfindlichkeit findet natürlich auch Statt für fremdartige Massen, welche in der Luftröhre oder in den Lungen erzeugt, allmälig (durch einen weiterhin zu erläuternden Mechanismus) zum Kehlkopfe aufsteigen, dort Husten oder Räuspern erregen und dadurch ausgeleert werden. So entledigt sich die Lunge ihrer eigenen pathologischen Bildungen. — Es ist wichtig, daß die Oeffnung des Kehlkopfes in Schlund oder Maul stets spaltenförmig ist. — Es ist klar, wenn eine Oeffnung von bestimmter Größe für die ein- und ausströmende Luft gefordert wird, diese Oeffnung aber von einfacher Form seyn soll, so erfüllt eine Spalte am besten den Zweck, zufällig dem Luftstrome beigemengte oder sonst die Oeffnung berührende fremde Körper abzuhalten. Sind solche Körper auch sehr klein, so werden sie doch bei dieser Form am leichtesten genöthigt, die Ränder der Oeffnung zu berühren und so die genannten Reactionen, Husten u. s. w. zu erregen. Durch eine Oeffnung von weniger einfacher Form ließen sich diese Zwecke freilich in noch höherem Maße erringen. Ich führe nur ein Beispiel einer solchen Form an, welches eine unmittelbare Anwendung auf die Kiemenspalten der Fische zuläßt. Es leuchtet ein, daß eine Spalte von gewisser Länge, d. h. zwischen zwei Punkten von bestimmter Entfernung verlaufend, bei einer bestimmten Breite den kleinsten Querschnitt hat, wenn sie in gerader Richtung geht. Läuft sie nicht gerade, sondern z. B. im Zickzack, so bietet sie bei gleicher Breite einen größern Querschnitt, bei gleichem Querschnitt eine geringere Breite. Durch die Zacken, welche an den Kiemenbögen vieler Fische gegen die Kiemenspalten hin gerichtet stehen, wird jede Kiemenspalte zu einer im Zickzack laufenden Ritze und bietet also zwischen zwei gegebenen Endpunkten eine Oeffnung, welche weniger leicht fremde Körper in die Kiemenhöhle gelangen läßt, als wenn sie zwischen denselben Endpunkten verlaufend eine mehr gerade Linie verfolgte und dabei dieselbe Größe der Oeffnung böte, indem sie alsdann breiter seyn müßte.

Unter den eigenthümlichen Verschiedenheiten der Lage des Kehlkopfes und seiner Spalte im Verhältniß zu den Theilen im Darmrohre möchte besonders die Bildung der Schlangen erwähnenswerth seyn. Bei diesen ist die Zunge in eine Scheide gehüllt, welche, aus der Mundschleimhaut gebildet, von der Basis der Zunge aus nach vorn geht und dort für den Austritt der Zunge geöffnet ist. Der Kehlkopf öffnet sich auf dieser Zungenscheide und ist somit besonders weit nach vorn gerückt, eine Lage, welche wohl ebenso wie andere noch zu erwähnende Eigenthümlichkeiten der Athmungswerkzeuge der Schlangen ihre physiologische Erklärung in dem Schlingen dieser Thiere finden möchte. Da sie große Massen langsam hinabwürgen, so ist es vortheilhaft, wenn die Kehlritze während des Schlingens möglichst früh wieder von der Berührung dieser Gegenstände frei wird, um der Lunge Luft zuführen zu können.

Nur in der Abtheilung der Säugethiere ist die Kehlritze regelmäßig noch durch einen Deckel geschützt, welcher vor ihrem vordern Ende quer aufgerichtet im Zustande der Ruhe sich nach vorn zu neigen pflegt. Es ist ein Knorpel, mit Schleimhaut überzogen und bald inniger, bald weniger fest mit dem Schildknorpel verbunden, welcher die Kehlkopfswand nach vorn und den Seiten hauptsächlich zu bilden pflegt. Der Kehldeckel neigt sich beim Schlingen über die Kehlritze und kann dazu theils durch die Bewegung der Zungenwurzel bestimmt werden, theils mag auch der Speiseballen selbst beitragen, ihn in diese Lage zu bringen. Es scheint wenigstens, als wenn das sog. Verschlucken, ein mehr oder weniger vollständiges Eindringen fremder Körper in die Kehlritze beim Schlingen, weit leichter beim Schlucken flüssiger als fester Nahrungsmittel erfolgt. Das wäre dann sehr erklärlich, da die ersteren nicht ebenso auf den Kehldeckel wirken können als die letzteren. Daß die Säugethiere diese Einrichtung so besonders ausgebildet besitzen, während sie vielen anderen selbst ohne Spur fehlt, kaum irgendwo aber als eigentlich genügender Deckel ausgebildet ist, möchte seine Erklärung wohl darin finden, daß bei den Säugethieren die Ränder der Kehlritze durchgängig im größern Theile ihrer Länge von Schleimhautfalten gebildet sind, welche zwischen den Kehlkopfsknorpeln gespannt gehalten werden, während bei den Vögeln und Amphibien die harten Theile des Kehlkopfes selbst diese Spalte auch von den Seiten begränzen, so daß sie eines wirksameren Verschlusses fähig ist. Es ist aber dieser Kehldeckel den Säugethieren auch deßhalb nöthig, weil er, während im Maule gekaut wird, sich von hinten an das Gaumensegel legt und so diesem zur Stütze dient, den hintern Verschluß der Mundhöhle vervollständigt, was die anderen, nicht kauenden Thiere nicht bedürfen.

Die Andeutungen von Kehldeckeln bei Amphibien und Vögeln bestehen zum Theil in Schleimhautfalten ohne feste Stütze, in anderen Fällen ist wohl ein Knorpel unter der Schleimhaut vor dem Kehlkopfe zu finden, ohne sich aber als Deckel zu erheben. In einzelnen Fällen ist jedoch ein wirklich in einer Schleimhautfalle aufgerichteter Deckel vorhanden, welcher bei Coluber pholidostictus die wunderliche Form einer nicht quer, sondern der Länge nach stehenden Platte hat und die Kehlritze schließen kann, indem er sich in sie einkeilt.

Die Luftröhre ist sehr verschieden an relativer Länge und nicht immer nach der Länge des Halses oder der Entfernung zwischen Kehlkopf und ihrer Theilung in Luftröhrenäste, sondern in einigen Fällen bedeutend gewunden in ihrem Verlaufe. Dieß kommt unter den Vögeln nicht sehr selten, unter den Säugethieren aber nur bei einigen Faulthieren vor. Die Vögel, welche diese Bildung zeigen, tragen die Windungen theils unter der Haut, theils in der Brusthöhle; bei einigen Kranichen und Schwänen aber ist der Kamm des Brustbeins sehr dick, spongiös und enthält einen gewundenen Theil der Luftröhre. Bei Numida cristata soll ein solcher Theil in eine Auftreibung der furcula eingeschoben seyn. Der physiologische Werth dieser Veranstaltungen ist unbekannt. Eben so wenig ist ein besonderer Zweck der Scheidungen in der Luftröhre oder dem Kehlkopfe, welche hie und da vorkommen, bis jetzt eingesehen. Bei Vögeln ist eine Andeutung einer Trennung durch einen festen, von der vordern Wand des Kehlkopfes in die Höhle desselben ragenden Vorsprung häufig gegeben. In der Luftröhre aber finden sich Scheidungen in zwei Kanäle mehr oder weniger ausgebildet bei der Lederschildkröte (Sphargis coriac.), bei Aptenodytes und Procellaria, so wie bei Helamys unter den Säugethieren.

Neben der bisher betrachteten Einrichtung des Luftrohres verdient noch die mehr abweichende der nackten Amphibien erwähnt zu werden, weil hier die Sonderung in Luftröhre und Kehlkopf undeutlich wird und das Knorpelgerüst des ganzen Rohres theils oft sehr unvollkommen gebildet, theils auch der Ringtypus mehr verwischt ist. Am regelmäßigsten findet sich knorpelige Entwicklung in der Umgebung der Kehlritze. An die Stelle der Ringe treten Knorpelstreifen, welche der Länge des Rohres nach verlaufen, oft aber eine Tendenz zur Ringbildung schon durch seitliche Fortsätze ausdrücken, welche bei stärkerer Ausbildung wahre und, bei Verlust des verbindenden Knorpelstreifens, gesonderte Ringe darstellen.

Das ganze Rohr ist aber bei den schwanzlosen Batrachiern sehr verkürzt und einem einzigen Kehlkopfe ähnlich. An das untere Ende der Luftröhre setzen sich bei allen Säugethieren und Vögeln, so wie bei den höheren Amphibien und wenigen Batrachiern, die Luftröhrenäste oder Bronchi an; mit Ausnahme mehrerer Cetaceen, einiger Dickhäuter und vielleicht aller Wiederkäuer, welche einen dritten Ast besitzen, finden sich deren nur zwei, einer für jede Lunge. Bei manchen Schlangen ist aber selbst nur ein oder gar kein Luftröhrenast zu bemerken, indem mit gänzlicher Verkümmerung der einen Lunge die Luftröhre sich mit der andern direkt in Verbindung setzt.

Die merkwürdigen Bildungen, welche sich bei den Vögeln an der Theilungsstelle der Luftröhre finden und das Stimmwerkzeug dieser Thiere bilden, sind an ihrem Orte ausführlicher zu erwähnen.

Bei manchen Batrachiern fehlen die Bronchi ganz: die schlauchförmigen Lungen sitzen an beiden Seiten des untern Endes des Luftrohres oder der Stimmlade, wie Henle das nicht in Luftröhre und Kehlkopf geschiedene Organ dieser Thiere nennt, auf. Uebergangsformen sind bald darin angedeutet, daß sich auf die Lungen selbst noch Knorpelstreifen fortsetzen, bald durch einen röhrenartigen, aber zuweilen durchaus nur häutigen Anfang des Lungenschlauches.

Die Lungen selbst sind durchweg hohle Organe, deren sehr verschieden gestaltete innere Oberfläche von dem respiratorischen Capillargefäßnetze umsponnen ist. Je nach den verschiedenen Formen der Lungenhöhle ist die respiratorische Funktion entweder mehr gleichmäßig über die ganze, einfacher gebildete innere Fläche verbreitet, oder es ist die Lunge in ihrem Innern complicirter gebaut, sie enthält Kanäle für die Bewegung der Luft und Bläschen, welche die Luft von diesen erhalten und sie wieder an sie abgeben. An den Bläschen sind dann die respiratorischen Gefäßnetze besonders entwickelt, sie zeichnen sich durch große Feinheit der innern Membran aus, welche überall den innern Luftraum auskleidet und durch ihre Dicke hindurch den Gaswechsel geschehen läßt. Die mehr complicirten Arten des Lungenbaues haben eine Vergrößerung der innern Fläche ohne Ausdehnung der äußeren Gränzen des Organes zum Zwecke, wie sich aus der Beschreibung näher zeigen wird. Es finden sich solche mehr ausgebildete Formen der Lunge besonders bei den Vögeln und Säugethieren und dieß stimmt damit überein, daß eben diese Klassen auch besonders lebhaft respiriren, viel Kohlensäure bilden und ausgeben, Sauerstoff einnehmen und binden.

Zugleich ist aber von einer solchen bedeutenden innern Ausbildung der Lunge ein anderes, für die höheren Thiere weniger günstiges Verhältniß die Folge. Indem nämlich bei ihnen die innere Fläche der Lunge sehr groß ist im Verhältniß zu dem Raume in ihr, folglich auch im Verhältniß zu der Luftmenge, welche sie aufnehmen können, so ist eine sehr häufige Erneuerung dieses relativ kleinen Luftvorrathes nöthig, weil er durch die ausgedehnte Respirationsfläche der Lunge in sehr kurzer Zeit so weit von Sauerstoff beraubt und mit Kohlensäure geschwängert seyn würde, daß das Blut weder Sauerstoff mehr daraus aufnehmen noch Kohlensäure abgeben könnte, wie aus den zu Anfang ausgesprochenen Gesetzen erhellt. Je einfacher dagegen die Lunge im Innern gebildet ist, desto mehr Luft im Verhältniß zum Verbrauche enthält sie. Wir finden die einfachsten Lungen unter den nackten Amphibien und es ist damit leicht in Verbindung zu bringen, daß solche Thiere ausdauernde Taucher sind. So bringen die Wassersalamander, deren Lungen sehr einfache gestreckte Schläuche sind, lange Zeit unter der Oberfläche des Wassers zu, ehe sie einmal behufs der Lufterneuerung sich zur Oberfläche erheben. Diese Thiere stoßen dann sehr rasch die alte Luft aus und ziehen neue ein. Nicht selten mißlingt ihnen dann der Versuch, sogleich wieder niederzutauchen, indem sie in der Eile zu viel Luft eingenommen haben; sie sinken erst wieder, indem sie einzelne Luftblasen ausstoßen. In anderen Fällen sieht man sie aber ruhig nahe am Wasserspiegel schweben, so daß sie offenbar willkürlich die Füllung ihrer Lungen für diesen Zweck bestimmen können. Der hintere Theil des Unterleibes, welcher die Enden

der Lungen enthält, schwimmt am höchsten, während Kopf und Schwanz etwas niederhängen. *) Uebrigens hat man auch bei mehreren der Wassersäugethiere, namentlich den sogenannten pflanzenfressenden Walthieren, eine auffallende Größe der Lungenzellen bemerkt. Zugleich sind ihre Lungen sehr groß und es ist dadurch dem Nachtheile entgegengewirkt, welchen die Vergrößerung der Luftzellen für die Ausdehnung der Athmungsfläche haben müßte.

An die niedrigste Form der Athmungswerkzeuge, welche durch lange Schläuche dargestellt werden, an deren schlichter Innenseite die respiratorischen Gefäße sich in dichtem Capillarnetze ausbreiten, schließen sich zunächst die etwas complicirteren an, wie sie z. B. bei den schwanzlosen Batrachiern vorkommen. Auch sie sind Schläuche zu nennen. Aber ihre innere Haut bildet nach innen vorspringende Falten, welche zellenförmige, gegen die Lungenhöhle hin weit offene Räume einschließen. Diese Zellen werden durch andere, abermals von ihrer Innenfläche sich erhebende Fältchen in untergeordnete Zellen abgetheilt und es erhält so die innere Flächenbildung der Lunge schon ein bedeutendes Uebergewicht über die äußere.

In merkwürdiger Weise findet sich bei vielen Schlangen ein solcher, sehr fein in Zellen verschiedener Ordnung getheilter Abschnitt der Lungen neben einem andern, einfachern. Es ist der vorderste Theil der sehr langen, cylindrischen Lunge, welcher sehr entwickelte Zellenbildung darbietet. Weiter nach hinten werden die Zellen einfacher, weiter, flacher, und das Ende der Lunge stellt einen ganz einfachen Schlauch vor. Auch hier haben wir also, wie bei den einfachsten Formen der Lungen, einen verhältnißmäßig bedeutenden Luftinhalt. Ja dieser ist im Verhältnisse zur Respirationsfläche um so bedeutender, da in der hintern schlichten Lungenabtheilung sich nicht das dichte Athmungshaargefäßnetz vorfindet, sondern nur so weit Gefäße entwickelt zu seyn scheinen, als zur Ernährung erforderlich ist. Die Gefäße stammen auch nicht aus den Lungenarterien, sondern vom Ernährungsgefäßsysteme des Körpers. Auch diese Einrichtung, wie die eigenthümliche Lage der Kehlritze, werden wir auf die Ernährungsweise der Schlangen zu beziehen haben. So wie die Lage der Kehlritze dafür sorgt, daß möglichst bald, während des Schlingens eines großen Bissens, der Zugang zu den Lungen wieder frei werde, so ist durch die Einrichtung der Lungen dafür gesorgt, daß, auch während der Bissen noch den Luftweg stopft, die Respiration, der Gasaustausch zwischen Blut und Lungenluft, längere Zeit fortgehen kann. Da nun die Ernährungsweise der Schlangen wiederum nothwendig auf der Form ihres Körpers beruht — indem es ihnen schwer seyn würde, häufig und in kleineren Portionen Beute zu machen — so hängt diese Einrichtung der Athmungsorgane indirekt ebenfalls mit dem ganzen Bau dieser Thiere auf erkennbare Weise nothwendig zusammen.

Uebrigens findet sich diese Bildung unter den eigentlichen Schlangen in verschiedenen Graden ausgebildet und es gibt bedeutende Annäherungen daran auch unter den Sauriern. Auch bei diesen ist regelmäßig der vordere Theil der Lunge feiner entwickelt als der hintere. Ja bei einigen (z. B. dem Chamäleon) hat die Lunge auch einen schlichten, zellenlosen Anhang.

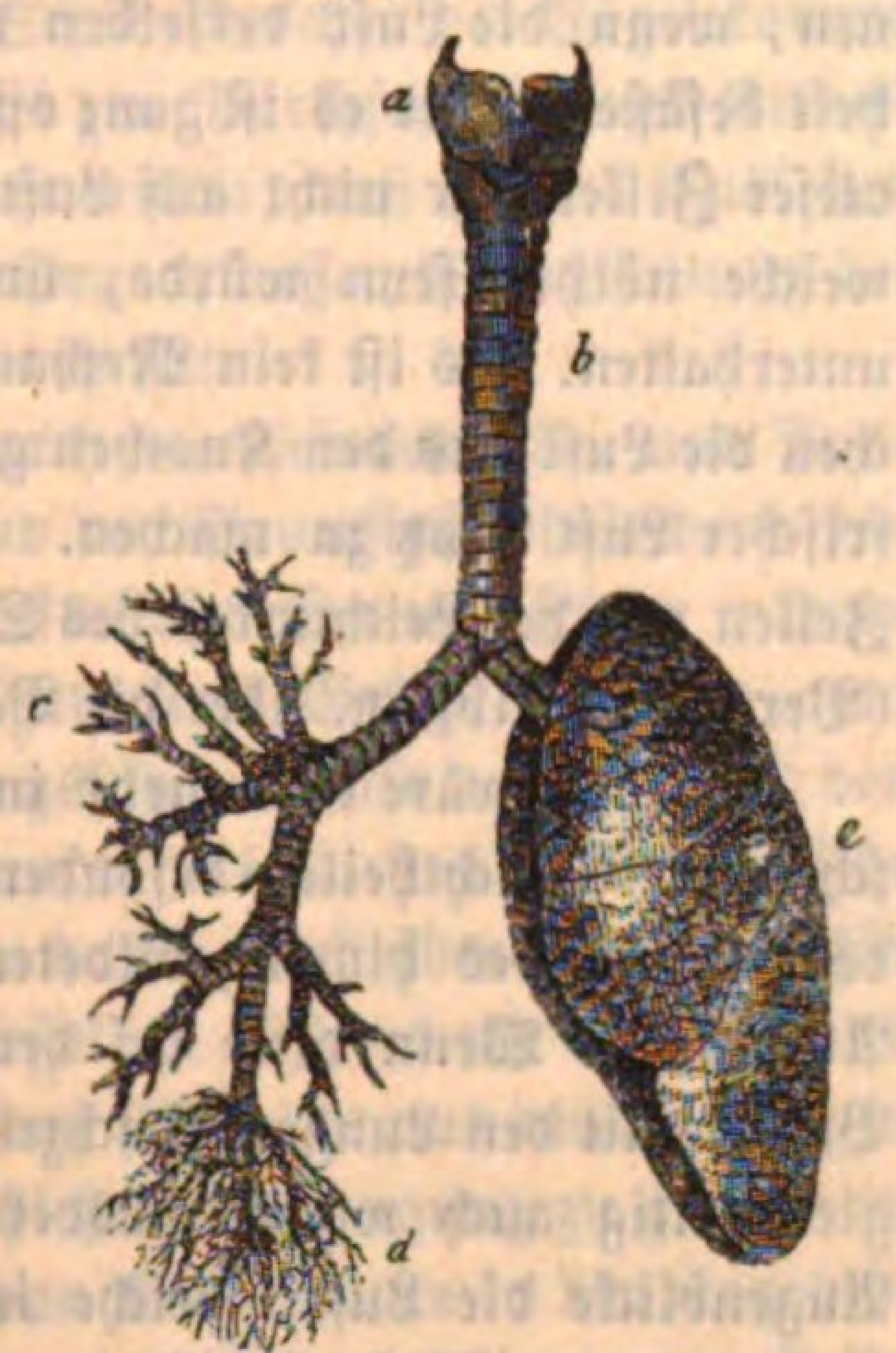
Bei den Krokodilen und Schildkröten wird die Entwicklung noch zusammengesetzter, indem das Innere der Lunge in getrennte Taschen ausgebildet ist, deren jede in ihrem Innern zellig und zum Theil sehr fein abgetheilt sich darstellt. Den einzelnen Taschen wird die Luft zugeführt, indem der Bronchus tief in die Lunge eindringt und an seinen Seiten von Löchern durchbohrt ist, welche sich in die einzelnen Taschen öffnen.

Bei den Säugethieren und Vögeln ist nun, nach verschiedenem Typus, die Entwicklung der Athmungsfläche noch viel höher getrieben. Bei den erstern vertheilt sich der Luftröhrenast in jeder Lunge in untergeordnete Aeste, welche durch weiter und weiter fort-

*) Uebrigens ist die Fähigkeit der nackten Amphibien, unter Wasser längere Zeit zuzubringen, auch durch die Hautrespiration unterstützt.

schreitende Theilung endlich in sehr feine Zweigelchen zerfallen, deren jeder mit einer kleinen Gruppe von Bläschen zusammenhängt und derselben als Luftgang dient. Aus diesen Zellen ist die ganze Oberfläche der Lunge gebildet und auch im Innern sind alle Räume zwischen den Luftwegen damit gefüllt, so daß auf jedem Schnitte die Lungensubstanz als ein höchst feinschwammiges Gebilde sich darstellt. Die Ausdehnung der Athmungsfläche ist auf diese Weise bis auf einen sehr hohen Grad getrieben. Die beistehende Fig. 166 zeigt auf der einen Seite die unverletzte linke Lunge (des Menschen), während auf der andern Seite das eigentlich respirirende aus Zellen gebildete Gewebe entfernt ist, um nur die Verästelungen der Luftkanäle zu zeigen. Der obere Theil dieser Lunge (c) zeigt nur die gröberen Verästelungen, während an dem untern (e) auch feinere Verzweigungen eines starken Bronchialastes dargestellt sind. Im obern Theile der ganzen Zeichnung sieht man die einfache Luftröhre mit dem Kehlkopfe.

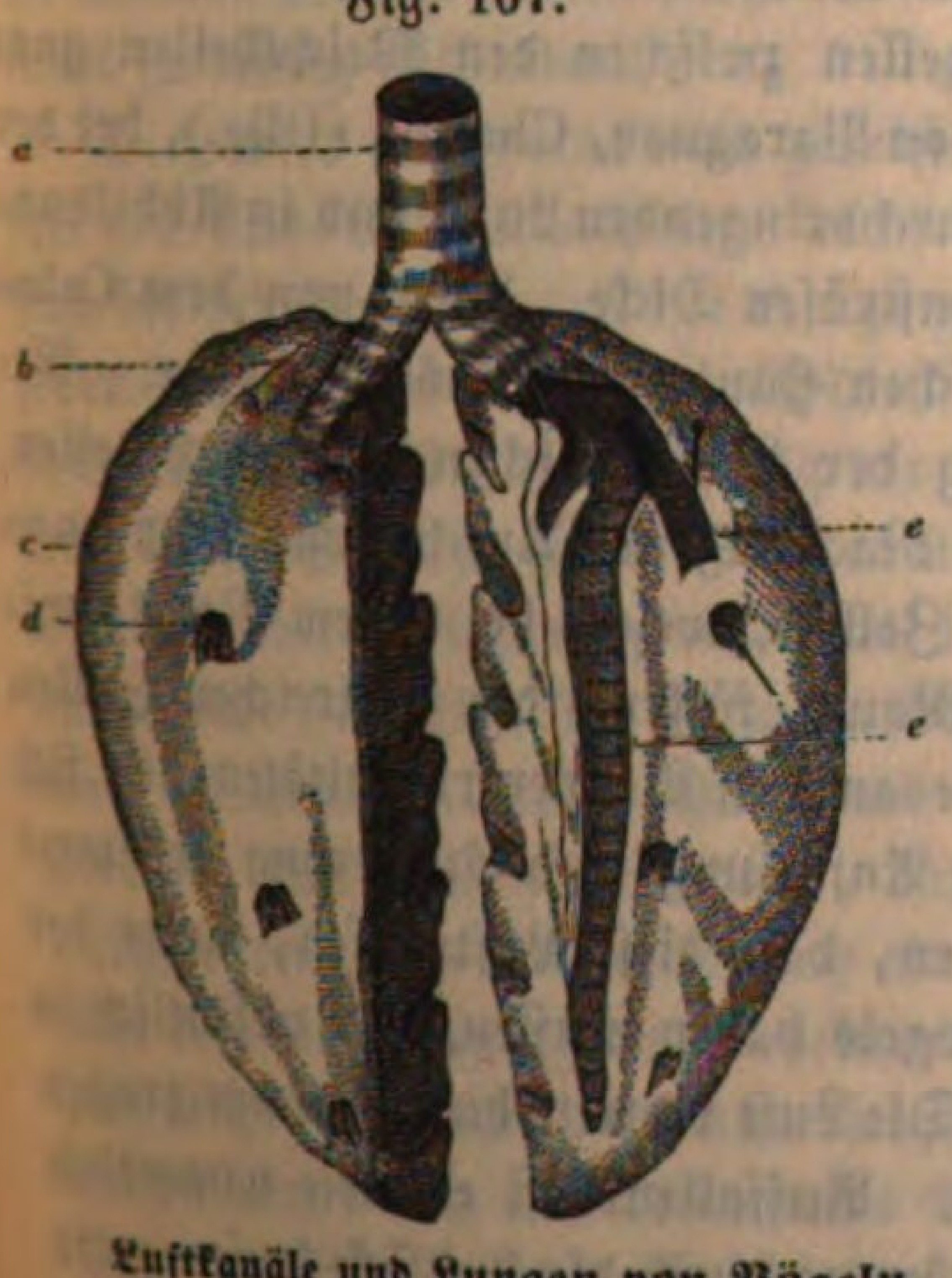
Fig. 166.



Luftkanäle u. Lunge des Menschen.

Bei den Vögeln ist die Art der Vertheilung der Luftkanäle in der Lunge verschieden von der hier beschriebenen, was mit der eigenthümlichen Verbreitung der Luft, über die Gränzen der eigentlichen Lunge hinaus, in die Bauchhöhle und in viele Theile des Skelettes zusammenhängt. Aus dem Bronchus, welcher in eine Lunge eintritt, entspringen mehrere verhältnißmäßig große Röhren, welche in verschiedenen Richtungen die Lunge durchsetzen, und sich an der Oberfläche derselben zum Theil frei öffnen um verschiedenen Luftsäcken und den Lufthöhlen der Knochen einen Zusammenhang mit der Atmosphäre zu geben. Der Lunge selbst führen diese Kanäle die Luft zu, indem das Lungengewebe von unzähligen mit Zellen seitlich besetzten Kanälen durchbohrt ist, welche mit diesen größeren Röhren zusammenhängen. In der Fig. 167 sieht man auf der einen Seite eine unverletzte Lunge, mit den Oeffnungen einiger Röhren an der Oberfläche. Auf der andern Seite sind solche Röhren eröffnet und es zeigt sich, wie sie von zahlreichen feinen Oeffnungen durchbohrt sind, welche in die kleinen Luftkanäle der Lunge führen. Die Lungen der Vögel scheinen kaum so bedeutend ausgebildet zu seyn, als sie es bei den Säugethieren sind, während wir aus gewissen später zu erörternden Gründen eine höhere Entwicklung derselben erwarten möchten, da die Funktion selbst bei ihnen gesteigert erscheint und wir auch aus gewissen Voraussetzungen die Nothwendigkeit einer solchen Steigerung annehmen können. Es fragt sich, ob ihre Respiration durch andere Verhältnisse begünstigt seyn kann?

Fig. 167.



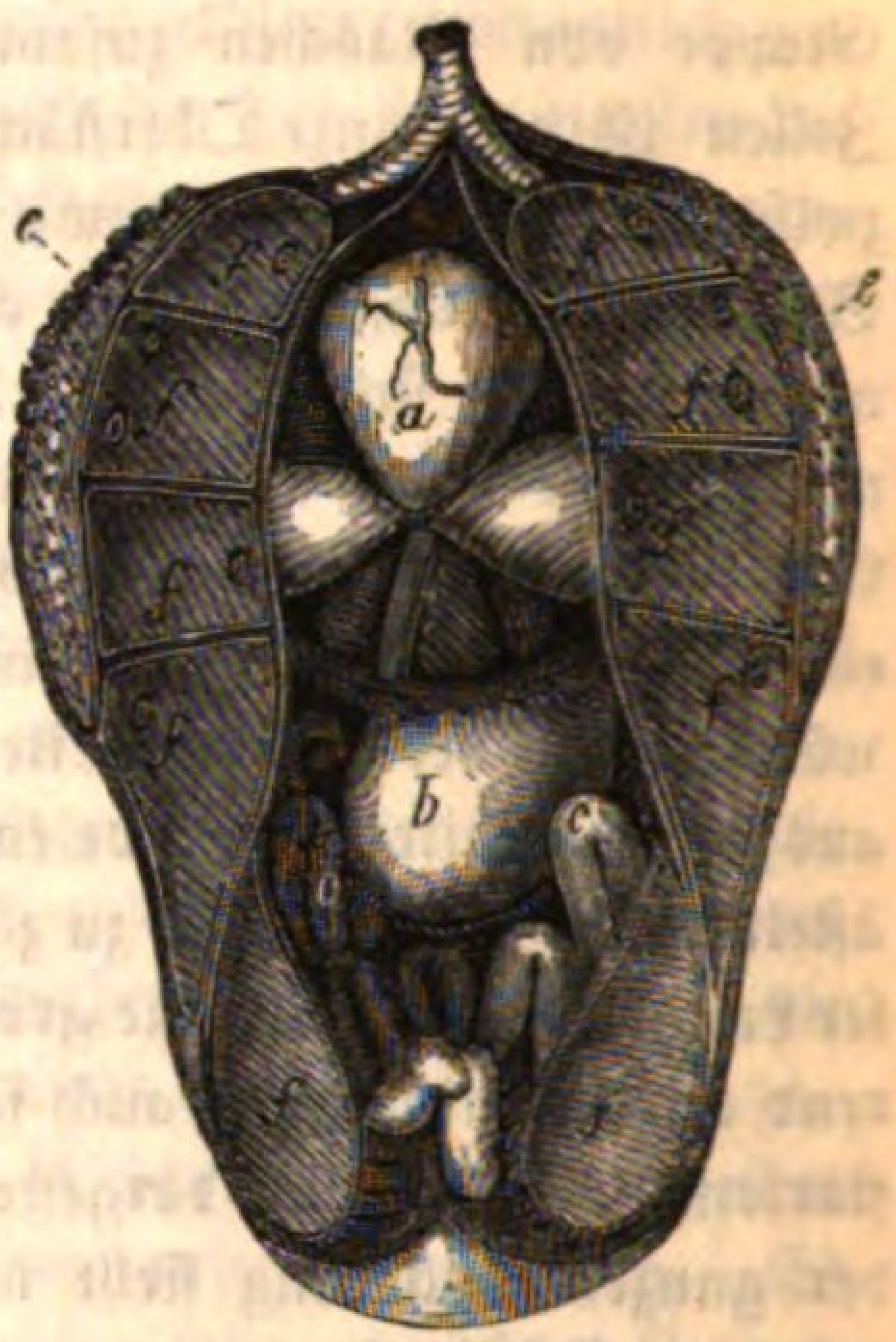
Luftkanäle und Lungen von Vögeln.

a Luftröhre; b Blutgefäße; c Lunge; d Oeffnung in einen Luftsack; e aufgeschlitzter Bronchialast.

Die Luftzellen, welche sich theils als weite Säcke zwischen den Weichtheilen der Vögel befinden, theils in das Skelet eingearbeitet sind und daselbst bald als große Höhlen, bald als feinere Zellen erscheinen, können direkt wohl nicht als Athmungsorgane betrachtet werden. Daß ihre Wandungen keine eigentlichen Lungenblutgefäße enthalten, würde zwar kein ganz entscheidender Grund hiegegen seyn. Denn

wenn die Capillargefäße in den Wandungen dieser Säcke, wie andere ernährende Capillargefäße, Kohlensäure bilden oder aus den umgebenden Geweben aufnehmen, so würde diese sogleich wieder an die Luftzellen abgegeben werden können, wenn die Luft derselben die erforderliche Beschaffenheit besäße. Aber es ist ganz offenbar, daß ein großer Theil dieser Zellen gar nicht auf Lufterneuerung eingerichtet ist, welche nöthig seyn würde, um einen solchen Proceß zu unterhalten. Es ist kein Mechanismus bekannt, durch welchen die Luft aus den Knochen getrieben werden könnte, um frischer Luft Platz zu machen. Es ist offenbar, daß diese Zellen nur der Leichtigkeit des Skelets halber gebildet sind. (Vergl. den Abschn. über die Bewegung.)

Fig. 168.



Eingeweide des Strauß,
von oben angesehen.

a Herz; *b* Magen; *c* Därme; *d* Luftröhre; *e* Seitenwand der Lunge, welche übrigens von den vorderen der Luftsäcke *ff* verdeckt ist. In denselben sieht man Oeffnungen, durch welche sie mit den Lungen zusammenhängen.

Denkbar wäre eine mehr indirekte Beziehung der zwischen die Weichtheile, besonders zwischen die Eingeweide des Unterleibes hineingebildeten Luftsäcke zur eigentlichen Athmung. Wenn diese bei der Ausathmung sich mit der Brust, mit den Lungen gleichzeitig verengern und dann sich gleichzeitig auch wieder ausdehnen, so würde im letztern Augenblicke die Luft, welche im Momente vorher in den Lungen war, in sie hineingezogen werden können, so daß die Lunge selbst vollkommen reine Luft von außen erhielte, was die Lebhaftigkeit des Gaswechsels zwischen Blut und Luft erhöhen müßte. Jedoch würde, selbst wenn die Bewegungen in der bemerkten Weise erfolgten, die dadurch erreichte vollständigere Erneuerung der Luft in den Lungen sich kaum auf die feineren mit Zellen besetzten Röhrchen erstrecken können, denn es sind ja die größeren, mit dem Bronchus unmittelbar verbundenen Röhren, welche die Luft in die Abdominalzellen leiten.

In einzelnen Fällen ist die Verbreitung der Luftzellen zwischen den Weichtheilen ganz auffallend groß. So soll die Haut des Hirtenvogels von Paraguay, Chauna (Illig.), bei der Berührung überall knistern von der das Zellgewebe durchdringenden Luft, und in Abbildungen sehen wir die Beine dieses Thieres von einer monströsen Dicke. Auch von dem Calao ist neuerdings berichtet, daß er große Lufträume zwischen Haut und Muskeln besitze. Genauer bekannt ist die höchst ausgedehnte Verbreitung der Luft zwischen den Weichtheilen, besonders zwischen Muskeln und Haut bei der Sula. Nach eigener Anschauung muß man wohl die Ueberzeugung gewinnen, daß die mächtigen Zellen, welche bei diesem Vogel zwischen den Brustmuskeln und der Haut den ganzen Raum füllen, die zahlreichen Zellen unter der Haut des Halses, die Zellen endlich welche an den Vorderextremitäten hin sich erstrecken, nicht zu einem regelmäßigen Wechsel von Anfüllung und Entleerung bestimmt seyn können. Wir möchten als wahrscheinlich ansehen, daß diese Luftmassen, außer der Wirkung, welche sie auf das specifische Gewicht des Vogels haben müssen, noch wesentlich in Betracht zu ziehen sind als ein schlechter Wärmeleiter. Die Luft vertritt hier an einem großen Theile des Körpers entschieden die Stelle des Fettes. Auffallend ist es, wie namentlich an den Vorderextremitäten selbst Nerven und Gefäßstämme durch die Luftsäcke laufen, also von Luft umhüllt sind, wie sonst von Fett. Wenn aber die Luft räumlich das Fett vertritt, so vermag sie es zum Theil auch funktionell und namentlich in der genannten Beziehung als schlechter Wätmeleiter. Von dem Werthe der Beschränkung der Wärmeleitung zwischen Muskeln und Haut bei warmblütigen Thieren wird später die Rede seyn.

In ähnlichen funktionellen Beziehungen (zum specifischen Gewichte und zur Wärmeleitung) steht auch die wunderbare Bildung der Fledermausgattung Nycteris. Hier befindet sich zwischen Haut und Körper fast überall Luft. An Rücken und Bauch liegt die Haut nur auf,

an den Seiten laufen einige Zellgewebebrücken zur Befestigung von der Haut gegen den Körper. So seltsam und einzig unter den Säugethieren nun aber auch diese Organisation ist, so schließt sie sich doch einer bei Säugethieren häufigen Bildung in sofern an, als diese Unterhautsäcke von den Backentaschen aus gefüllt werden und dadurch sich von den Luftsäcken der Vögel wesentlich unterscheiden. — Auch die Luft in den Schädelknochen der Vögel kommt als schlechter Wärmeleiter in Betracht. Man sehe nur einmal den Durchschnitt eines Eulenschädels an! da sind die Knochen recht dick, aber so von Luft erfüllt, daß sie das Aussehen eines feinen Schaumes darbieten. Das Gehirn ist aber ein Organ, dessen Warmhaltung bei den warmblütigen Thieren gewiß einen besonders hohen Werth hat.

In allen betrachteten Luftathmungswerkzeugen muß durch wechselndes Ein- und Ausathmen der Kohlensäuregehalt der Lungenluft beschränkt und der Sauerstoffgehalt derselben erneuert werden. Um dieses Bedürfniß in seinen richtigen Verhältnissen und seiner wahren Begründung aufzufassen, muß man sich einerseits der allgemeinen Gesetze erinnern, auf welchen der Gasaustausch beruht, andererseits den Erfahrungssatz zu Hülfe nehmen, daß das Leben eines Thieres unmöglich wird, wenn die Sauerstoffaufnahme in das Blut allzusehr verringert wird. Das Maß, bis zu welchem dieß geschehen darf, wird aber allerdings für verschiedene Thiere, sowie für verschiedene Lebenszustände desselben Thieres ein verschiedenes seyn. Daß aber ein solches Maaß vorhanden ist, überzeugt man sich leicht aus den Wirkungen der Respirationsbehinderung. Die einfachste Weise, eine solche Ueberzeugung zu gewinnen, wird es seyn, wenn man die Folgen eines starken Zusatzes von Kohlensäure in der eingeathmeten Luft in's Auge faßt. Solche Versuche, am besten mit warmblütigen Thieren angestellt, zeigen einen baldigen Verlust des Bewußtseyns, welchen wir uns nicht anders, als durch Unterbrechung eines für die Thätigkeit des Hirnes nothwendigen chemischen Prozesses zu erklären vermögen.

Die Häufung der stets sich bildenden und im Blute stets vorhandenen Kohlensäure muß also verhindert, Sauerstoff dem Blute stets zugeführt werden, es darf das von den Lungen zu anderen Körpertheilen fließende Blut von dem einen Stoffe nicht zu viel, von dem andern nicht zu wenig enthalten.

Dieß wird durch eine nach gewissen Regeln der Zeit und des Volumens geleitete Thätigkeit des Aus- und Einathmens bewirkt. Man darf damit nicht die Vorstellung verbinden, daß bei der Ausathmung die Lunge gänzlich von Luft befreit würde und somit am Anfange jeder Inspiration eine von Kohlensäure freie Luft in den Lungen oder Lungenzellen sich befände. Dieß ist eben so wenig der Fall, als gegen den Wiedereintritt der Exspiration hier etwa aller Sauerstoff der Lungenluft verzehrt und durch Kohlensäure ersetzt ist. Beides widerlegt die Erfahrung und das letztere namentlich ist wegen der physikalischen Gesetze unmöglich. Sollten die Lungen sich gänzlich von Luft entleeren, so würde dieß allemal eine momentane Unterbrechung des Gasaustausches und eine Störung der Circulation bewirken. Wir wissen aber auch, daß die Exspiration bei weitem nicht alle Luft aus den Lungen treibt, da wir leicht nach einer jeden normalen Exspiration noch durch eine willkürliche Kraftanstrengung eine bedeutende Menge von Luft austreiben können. Eben so ist es eine leicht zu constatirende und längst bekannte Thatsache, daß bei einer gewöhnlichen Exspiration immer noch eine bedeutende Menge von Sauerstoff in der ausgeathmeten Luft sich befindet. Eine gänzliche Resorption desselben in das Blut wäre auch, wie gesagt, physikalisch unmöglich, da das in den Capillaren der Lunge ankommende Blut stets Sauerstoff enthält und diesen abgeben müßte, wenn von Seiten der Lungenluft gar keine Sauerstoffatmosphäre auf dieses Blut wirkte.

Ebenso würde es nur dann möglich seyn, daß die in den Lungen befindliche Luft bis zu dem bezeichneten Grade von Kohlensäure geschwängert würde, wenn das Blut einen sehr hohen Kohlensäuregehalt besäße, einen viel höhern, als es sich mit dem Leben des Organismus verträgt. Diese Annahmen, welche nothwendig werden, sobald man den Athmungs-

proceß auf die im Anfange des Kapitels erwähnten physikalischen Verhältnisse stützen will, haben durch neuere scharfsinnige und mühsame Untersuchungen eine bestimmte empirische Basis erhalten. Wir haben hier namentlich anzuführen, welchen Einfluß die Frequenz und die Tiefe der Athemzüge auf die beim Athmen producirte Kohlensäure zeigten. Es ist evident, je häufiger und je tiefer die Athemzüge sind, je mehr gleichsam an Luft in einer bestimmten Zeit durch die Lunge geht, um so mehr muß die Zusammensetzung der Luft in den Lungen der Zusammensetzung der atmosphärischen Luft gleich oder vielmehr nahe bleiben. Man hat nun gefunden, daß bei frequenteren oder tieferen Athemzügen stets die Quantität der Kohlensäure, welche in einer bestimmten Zeit ausgehaucht wird, zunimmt. Dagegen ist bei einer bloßen Vermehrung der Frequenz die Quantität von Kohlensäure in jeder Ausathmung geringer, bei einer bloßen Vermehrung der Tiefe ist sie absolut vermehrt, aber im Verhältniß zu den übrigen, zugleich ausgeathmeten Gasen vermindert. Versuche in entgegengesetzter Richtung hatten die entgegengesetzten Erfolge: je geringer der Luftwechsel ist, um so weniger Kohlensäure wird in bestimmter Zeit ausgeleert, um so größer ist aber der Kohlensäuregehalt der ausgehauchten Luft. Man sieht hieraus die Abhängigkeit des Gaswechsels, welchen das Blut erleidet, von dem Gehalte der Luft in den Lungen. Es ist auf dieß Verhältniß um so bestimmterer Nachdruck zu legen, als wir wenigstens bis jetzt keine Aufnahme oder Ausscheidung im Körper kennen, welche unter ähnlichen Bedingungen stände. Ferner hat man durch genaue Vergleichung der in bestimmter Zeit gewonnenen Kohlensäure mit der Luftmenge, welche in derselben Zeit durch die Lungen gegangen war und durch eine solche Leitung der Versuche, daß die zu verschiedenen Zeiten respirirten Luftmengen in einfachen quantitativen Verhältnissen zu einander standen, bestimmte Proportionen zwischen dem einen und andern Factor ermittelt.

Eine Frage, deren Beantwortung von besonderem, namentlich theoretischem Interesse seyn muß, ist es: bei welchem Kohlensäuregehalt der Lungenluft die Ausscheidung von Kohlensäure aus dem Blute unmöglich wird. Da diese Möglichkeit aber auch von dem normalen Kohlensäuregehalte des Blutes abhängt, dieser aber bei verschiedenen Thieren verschieden seyn kann, so ist es auch nicht zulässig, ein Resultat, welches man bei einer Thierart, oder bei dem Menschen, gefunden hätte, für ein allgemeines zu halten. Ein Thier, welches mehr Kohlensäure in seinem Blute führte, würde noch Kohlensäure ausscheiden in einer Lungenluft, welche bei einem andern die Ausscheidung verhinderte. Dieß Verhältniß darf nicht übersehen werden, da es vielleicht in der vergleichenden Physiologie eine Rolle spielt. Es ist z. B. mehrfach ausgesprochen, daß die Säugethiere die am meisten entwickelten Lungen haben. Wir wollen nicht gerade diese Meinung zu der unsern machen. Gesetzt aber, die Sache verhalte sich so, es besitze also ein Säugethier von bestimmter Größe eine ausgedehntere Respirationsfläche, als ein gleich großer Vogel; so scheint dieß im Widerspruch zu stehen mit der sehr allgemein geltenden und allerdings nicht unwahrscheinlichen Annahme, daß die Respiration bei den Vögeln im Allgemeinen thätiger sey, z. B. für ein bestimmtes Körpergewicht mehr Kohlensäure liefere in gleicher Zeit, als bei den Säugethieren. Auf mehrfache Weise würde es aber dennoch möglich seyn, diese Verhältnisse neben einander zu begreifen. Es könnte z. B., und bei der großen Muskelthätigkeit der Vögel hat diese Annahme Einiges für sich, die Frequenz und Tiefe der Athemzüge bei den Vögeln bedeutender seyn. Aber es könnte auch ihr Organismus geeignet seyn ein kohlensäurereicheres Blut zu ertragen. Auch dieß würde die Möglichkeit ergeben, auf einer kleinern Fläche dieselben Quantitäten von Kohlensäure auszuscheiden, welche ein weniger kohlensäurehaltiges Blut auf einer größern Fläche liefert. Es würde dieß ferner die oben erwähnte Möglichkeit ergeben, Kohlensäure auszuscheiden, bei einem Kohlensäuredrucke, welcher bei einem andern Blute schon die Ausscheidung unmöglich macht. — Es ist uns zwar wahrscheinlicher, daß bei den Vögeln die Frequenz und Tiefe der Athemzüge ausgleicht, was etwa die Entwicklung der Athmungsfläche zu wünschen übrig läßt. Aber jenes andere Moment

ist doch vorläufig auch noch denkbar. Es steht nicht etwa nothwendig in Widerspruch damit, daß die Vögel empfindlicher gegen Athmungsbehinderungen zu seyn scheinen, als Säugethiere. Sollten sie auch normal mehr Kohlensäure in ihrem Blute führen als die Säugethiere, so könnten sie doch gegen eine Vermehrung dieses Gehaltes empfindlicher seyn als jene. Wir geben indessen diese Vorstellungsweise nur als ein Beispiel von Anwendung der Athmungstheorie, welches die Auffassung der Theorie selbst befördern kann.

Auch für ein bestimmtes Thier wird der Kohlensäuregehalt der Lungenluft, welcher hinreicht, die fernere Ausscheidung aus dem Blute zu hindern, keine ganz unveränderliche Größe seyn. Es würde dieß nur dann der Fall seyn, wenn die Menge von Kohlensäure im Blute sich durchaus um nichts steigern könnte, ohne die Lebensthätigkeiten sogleich zu beendigen. Denken wir uns z. B. einen mehrere Minuten hindurch fortgesetzten Versuch mit mäßiger Behinderung der Athmung, so ist es gewiß, daß während eines solchen Versuches die Kohlensäuremenge des Blutes sich steigert, daß nach einiger Dauer des Versuches Blut in den Lungen anlangt, welches zu Anfang desselben schon durch die Lungen gegangen war und sich unvollkommener als in der Norm von Kohlensäure entledigt hatte. Dieses Blut wird nun auch in den Lungen mit einem stärkern als dem normalen Kohlensäuregehalt ankommen und Kohlensäure ausscheiden können in eine an diesem Gase so reiche Luft, daß zu Anfang des Versuches eine Ausscheidung in dieselbe nicht hätte Statt finden können.

Will man also wissen, wie viel Kohlensäure die Lungenluft enthalten müßte, um unter übrigens ganz normalen Verhältnissen eben die Ausscheidung zu verhindern, so dürfen die einzelnen Versuche nicht zu lange fortgesetzt werden.

Es ist aber noch eine Schwierigkeit zu erwähnen, welche ein ganz bestimmtes Resultat einer solchen Untersuchung verhindern muß und nur eine Annäherung an die Wahrheit erlaubt. Dieß ist der Umstand, daß der Wechsel in der Luft in den Lungen kein vollständiger ist. Ueberlegt man den Bau z. B. der Säugethierlunge, aus welcher bei keiner Ausathmung alle Luft sich entfernt und bei gewöhnlichen Athmungen nur ein kleiner Theil, so ist es offenbar, daß in den äußersten Luftzellen, dem eigentlichen Sitze der respiratorischen Thätigkeit, die Luft stets mehr Kohlensäure im Durchschnitte enthalten muß, als die ausgeathmete im Verhältniß zu den übrigen Gasen enthält. Für den Kohlensäuregehalt der Luft in den Zellen wird man also nur einen Wahrscheinlichkeitsausdruck finden können. Wir verweisen hierüber an die Schrift von Vierordt, welcher den Versuch gemacht hat, diese Schwierigkeiten zu überwinden. Wir dürfen von seinen Resultaten so viel wenigstens als volle Gewißheit aufnehmen, daß keineswegs, wie schon vorausgeschickt wurde, die Thätigkeit der Kohlensäure-Ausscheidung so weit gehen kann, den sämmtlichen Sauerstoff der eingeathmeten Luft durch Kohlensäure zu ersetzen, daß sie vielmehr bei jeder Vergrößerung der Proportion der Kohlensäure in der Lungenluft sinkt, bei jeder Verminderung derselben steigt, daß dieses nach bestimmten Gesetzen geschieht, welche sich rein darstellen, so lange der Kohlensäuregehalt in dem den Lungen zugeführten Blute sich gleich bleibt, daß nach eben diesen Gesetzen die Proportion von Kohlensäure der Lungenluft gefunden werden kann, welche eine Ausscheidung aus diesem Blute unmöglich macht. Dieß führt zu einer richtigen Auffassung der Bedeutung der Ein- und Ausathmung, als einer Thätigkeit mit dem Effekte: die Proportionen des Sauerstoffes und der Kohlensäure in dem respiratorischen Theile der Lungen innerhalb gewisser Gränzen zu erhalten, so daß eine stete Abgabe von Sauerstoff in der einen und von Kohlensäure in der andern Richtung erfolgen kann. Wir dürfen wohl annehmen, daß ganz ähnliche Verhältnisse auch für die Kiemenathmung gelten. Wenn wir es wahrscheinlich finden, daß hier die Gesetze der Endosmose in Wirkung treten, so werden wir auch die nächsten Folgerungen dieser Vermuthung anzunehmen haben. Es ist aber bekannt, daß der endosmotische Proceß um so energischer geschieht, je mehr die Flüssigkeiten, welche im Austausche begriffen sind, in ihrem Gehalte an der Substanz, welche von der einen zur andern geht, differiren. Das Blut soll Kohlensäure an das Wasser geben und Sauerstoff von ihm

empfangen; es muß dieser Uebergang um so intensiver geschehen, je mehr das Wasser, welches mit den Kiemen in Berührung ist, Sauerstoff und je weniger es Kohlensäure enthält; stiege sein Gehalt an letzterem Gase über ein gewisses Maaß, verminderte sich der Sauerstoff unter ein ebenfalls bestimmtes Maaß, so würde der Proceß ganz aufhören. Da nun das Wasser, welches mit den Kiemen in Berührung ist, sogleich ärmer an Sauerstoff, reicher an Kohlensäure wird, so ist ein Wechsel desselben erforderlich; je rascher er geschieht, um so intensiver kann der Austausch seyn.

Wir haben nun die Mittel zu betrachten, durch welche den Respirationsflächen der Thiere neues O zugeführt und Kohlensäure entfernt wird.

Dabei sind zu berücksichtigen: die Mitwirkung von Theilen des Körpers, welche nicht im engern Sinne zu den Athmungsorganen gezählt werden können, aber einen bewegenden Einfluß auf die eigentlichen Athmungsgebilde und auf das respirable Medium ausüben; dann die mechanischen Thätigkeiten der eigentlichen Athmungsorgane; die Formveränderungen an denselben, besonders in sofern sie unmittelbar auf die Bewegung der Luft, des Wassers u. s. w. Einfluß haben; schließlich als Resultat der übrigen Thätigkeiten: die Bewegungen der bei der Respiration in Betracht kommenden Gase in ihrer Beziehung zur eigentlichen Athmungsfläche, die Hinbewegung des O, die Entfernung der Kohlensäure, das Verhalten des Stickstoffes und des Wasserdampfes. Von letzterem kann natürlich nur bei Luftathmung die Rede seyn.

Bei der Wasserathmung der Wirbelthiere geht das Fluidum durch die Organe hindurch; die Kiemenspalten und Kiemensäcke genießen dadurch einer vollständigern Erneuerung des Respirationsmittels als die Lungen. — Bei allen mit Kiemenhöhle und Kiemendeckel versehenen Fischen, also bei der großen Mehrzahl, ist der Weg des Wassers offenbar aus dem Maule durch die Spalten in die Kiemenhöhle und durch diese nach außen. Der Bewegungsapparat, welcher hierzu dient, muß natürlich mehrfach auch anderen Funktionen dienen, und die Kiemenbögen selbst besitzen neben den Respirationsbewegungen auch andere, welche sich nicht auf ihre Athmungsthätigkeit beziehen, sondern ihnen als Theile der Mundwandungen zukommen. — Der Eintritt des Wassers in die Mundhöhle geschieht durch Erweiterung derselben bei geöffnetem Maule und Verschließung der eigentlichen Kiemenausgänge. Es kann dem anatomischen Bau nach diese Verschließung eben sowohl hervorgebracht werden durch bloßes Aneinanderlegen der Kiemenbögen als durch Schließung des Kiemendeckels oder auch durch beides gleichzeitig. Dann wird durch Verengerung der Mundhöhle mit geschlossenem Maule das Wasser in die Kiemenhöhle getrieben und, wenn mit dem Beschlusse dieses Aktes eine Abduction des Kiemendeckels erfolgt, auch aus dieser wieder theilweise entfernt. Dieß Austreiben aus der Kiemenhöhle geschieht oft sichtbar mit bedeutender Kraft und der Fisch ist dabei, wenn er durch diesen Akt nicht vorwärts getrieben werden will, genöthigt mit den Flossen eine entgegengesetzte Wirkung hervorzubringen. Er kann aber das Bewegungsmoment auf eine sehr einfache Weise größtentheils aufheben, wenn er die Brustflossen, welche hinter der Oeffnung der Kiemenhöhle stehen, in eine Stellung bringt, daß sie den Strom des Wassers auffangen, so daß er mittelst dieser Flossen zurücktreibend auf den Körper des Thieres wirkt. Wo die Stellung der Flossen dieß nicht erlaubt, da muß auf andere Weise die Feststellung des Körpers durch seine Bewegungsorgane bewirkt werden. Beim Schwimmen wird aber immer die Respiration die Bewegung beschleunigen können. — Es ist wahrscheinlich, daß, wie schon gesagt, bei allen Fischen mit Kiemenhöhle und Kiemendeckel das Wasser den bezeichneten Weg stets geht. Abgesehen von der Beobachtung, welche immer diese Richtung zeigt, läßt sich dieß auch aus der Form der Kiemen vermuthen. Wenn nämlich das Wasser von Außen in die Kiemenhöhle aufgenommen und durch diese in das Maul gezogen, von da aber nach vorn ausgeleert würde, so würde dieß die Kiemenblättchen in Unordnung bringen, während sie bei einem von ihrer Basis zu ihrer Spitze gerichteten

Strome leicht in richtiger Lage verbleiben können. — Zum Behufe der genannten Bewegungen sind nun theils die Muskeln thätig, welche als Erweiterer und Verengerer der Mundhöhle auch bei der Nahrungsaufnahme betheiligt seyn müssen, theils sind es Muskeln an den Kiemenbögen selbst und endlich die Ab- und Adductoren des Kiemendeckels.

An den Kiemenbögen können wir dreierlei Muskeln unterscheiden: 1) die vom Skelette zu den Kiemenbögen gehen; 2) die einzelne Stücke eines Kiemenbogens gegen einander bewegen; 3) die auf die Kiemenblättchen wirken. Wir dürfen die ersteren zum Theil, die letzteren ausschließlich, die zweite Art aber wohl kaum zu den Athmungsmuskeln rechnen. Unter den ersteren sind entschiedene Athmungsmuskeln die, welche Ab- und Adduktion der einzelnen Kiemenbögen hervorbringen. Indem der im Zustande der Adduktion aller Kiemenbögen nach hinten und etwas nach außen gerichtete convexe, mit den Kiemenblättchen versehene Rand jedes Bogens stärker nach außen gezogen oder abducirt wird, öffnen sich die Zwischenräume zwischen den Bögen, durch die Adduktion schließen sich dieselben. Für diese Bewegungen ist durch Muskeln gesorgt, welche von anderen Skelettheilen sich an die oberen und unteren Enden der Bögen setzen; dahin z. B. die Muskeln von der Schädelbasis zu den Kiemenbögen. Verschiedene Muskeln dieses complicirten Systemes scheinen aber zur Bewegung des ganzen Kiemenapparates in verschiedenen Richtungen bestimmt, und möchten mehr beim Schlingen als beim Athmen betheiligt seyn. Auf die Funktion des Schlingens müssen wir auch wohl die Muskeln beziehen, welche von einem Stücke eines Kiemenbogens zu einem andern herabsteigen und nur eine Knickung der Bögen bewirken können, durch welche der untere Mundboden gegen den obern gehoben werden muß. Ausschließlich für die respiratorische Thätigkeit dagegen müssen die zahlreichen feinen Muskelchen bestimmt seyn, welche, an den Kiemenblättchen befestigt, in sehr vorherrschend schräger Richtung immer von den Kiemenblättchen einer Reihe zu den Kiemenblättchen der andern Reihe desselben Kiemenbogens verlaufen. Sie können nur auf die Stellung der Kiemenblättchen wirken; welche Beziehung aber diese ihre Wirkung zur Respirationsthätigkeit hat, läßt sich wohl nicht genau angeben.

Bei den Fischen, welche nicht mehr freie Kiemenblättchen besitzen, sondern eine Ausbreitung des Athmungsgefäßnetzes an den (hinteren und vorderen) Wandungen der einzelnen in Taschen verwandelten Kiemenspalten, ist der Mechanismus schon insofern ein anderer, als Kiemenhöhle und Deckel fehlen. Doch kann der Hauptsache nach bei den Plagiostomen der Vorgang ähnlich seyn wie bei den Stören und Knochenfischen. Das Wasser, in die Erweiterung der Mundhöhle eintretend, kann durch eine Verengerung derselben mit geschlossenem Maule durch die geöffneten Kiemenspalten nach außen getrieben werden. Der Kiemenapparat selbst kann durch Muskeln, welche ihn umgeben, zusammengedrückt und so das Ausspritzen des Wassers befördert werden. Indessen muß man einsehen, daß eine entgegengesetzte Strömung des Wassers, welche doch auch jedenfalls möglich ist, hier nicht mehr die Unbequemlichkeit mit sich führt, welche sie bei den früher betrachteten Fischen haben würde: die Kiemenblättchen in Unordnung zu bringen.

Auch finden wir bei manchen Plagiostomen eine Einrichtung, welche wenigstens eventuelle Aenderungen der Strömung des Wassers wahrscheinlich macht: die sogenannten Spritzlöcher, durch welche Wasser auch bei geschlossenem Maule und Kiemenspalten in die Mundhöhle, oder aus derselben sich entfernen könnte. Unter welchen Umständen, in welcher Weise und Combination dieselben benutzt werden, ist jedoch wohl nicht sicher. Da sie aber den Plagiostomen nicht allgemein zukommen, so nehmen wir an, daß sie, auch da wo sie vorkommen, nur eventuell in Funktion treten. Bei den Cyklostomen sind ebenfalls, wie aus der obigen Beschreibung erhellt, verschiedene Wege des Wassers möglich. Namentlich ist bei den Myrinoiden offenbar dafür gesorgt, daß, während das zum Ansaugen eingerichtete Maul nicht für die Respiration thätig seyn kann, das Wasser auf anderen Wegen zu den Kiemen gelangt. (Vgl. S. 227, Anmerk. 1.)

Die Luft wird zum Behufe der Athmung, besonders bei der Einathmung, auf verschiedene Weise in Bewegung gesetzt. Entweder nämlich wird sie eingesogen durch Erweiterung der Lungenhöhle, oder sie wird hinabgepreßt in die Lunge. Der erstere Fall tritt bei den meisten luftathmenden Wirbelthieren auf und ist möglich, wo die Lungen in einem Raume liegen, welcher in seinen Wandungen hinlänglich starre Theile besitzt, um durch Muskelwirkung erweitert werden zu können und so eine Erweiterung der in ihm befindlichen Lungen zu bewirken; denn diese selbst haben nirgends die Fähigkeit, zu ihrer eigenen Ausdehnung beizutragen. Wo deßhalb, wie bei den nackten Amphibien, die Rumpfhöhle nur in ihrer obern Wand starre Theile besitzt, nirgends von Rippen eingeschlossen wird, wo also die umgebenden Muskeln auch nur zusammenschnürend wirken können, da muß die Luft durch Druck in die Lungen gepumpt werden: es wird die Luft, welche durch die Nase eintritt, mit Verschließung von Nase (durch Hülfe eines besondern kleinen und freien Hautlappens, wie z. B. beim Frosch sehr deutlich ist) und Maul niedergeschluckt. Contraction der Bauchmuskeln treibt sie wieder hinaus.

Wichtig ist unter den mechanischen Momenten, welche an den Respirationsakten Theil haben, überall die Elasticität der Lungen. Die Lungen enthalten überall elastisches Gewebe, welches stets in Spannung erhalten wird und stets die Lunge zusammenzuziehen strebt. Dieses elastische Gewebe wirkt stets der Einathmung entgegen und befördert dagegen die Exspiration. Selbst bei den stärksten Exspirationen wird es wohl kaum völlig abgespannt. Dieß kann man schließen aus der bedeutenden Contraction, welche die Lungen erleiden, sobald man die ausspannende Wirkung der Inspirationsmuskeln aufhebt, was bei Säugethieren, wie wir sehen werden, leicht durch Eröffnung der Brusthöhle geschehen kann. Alsdann zieht sich die Lunge, mit Austreibung der Luft, rasch auf ein kleines Volumen zusammen. Es ist dieß eine eigentliche Zusammenziehung, nicht ein Collapsus zu nennen, denn die Lunge, welche bei den Säugethieren nur an einer Stelle, an der Eintrittsstelle der Luftkanäle, an die Wand der Brusthöhle befestigt ist, zieht sich von allen Seiten gegen diese Stelle hin. Den Nutzen dieses Gewebes kann man natürlich nicht darin sehen, daß es die Ausathmung erleichtert. Diese Verrichtung hat es allerdings, aber es muß sich der Einathmungsthätigkeit ebenso sehr entgegensetzen, dieser ebenso viel an Kraft entziehen, als sie jener entgegengesetzten Thätigkeit zulegt. Da wären also Nachtheil und Vortheil einander gleich. Ein großer Nutzen der lebhaften Elasticität der Lungen besteht aber darin, daß sie eine gleichmäßige Vertheilung der Erweiterungen und Verengerungen über alle Gegenden der Lunge bewirken muß. Dieß ist sehr begreiflich und besonders für die complicirteren Lungen wichtig. Dehnt sich der Thorax eines Säugethieres aus, so wirkt dieß zunächst auf die Oberfläche der Lunge, ja sehr gewöhnlich nur auf einen beschränkten Abschnitt derselben, indem selbst von den Theilen, welche die Respirationsbewegungen ausführen können, in der Regel nur ein oder der andere Abschnitt in Anspruch genommen wird. Da sich nun aber jeder Theil der Lunge der Ausdehnung elastisch widersetzt, so theilt er die Ausspannung, welche ihm aufgezwungen werden soll, den nächsten Gegenden mit und so fort durch das ganze Organ. So spannt sich ein elastischer Faden durch einen Zug an seinem einen Ende sogleich in seiner ganzen Ausdehnung stärker an. Die Zusammenziehung der Athmungsorgane bei der Ausathmung wird auch noch unterstützt durch elastische und Muskelfasern, welche wir in den Wandungen der Luftröhre, so wie auch an den Luftröhrenästen angebracht finden. Es ist dieß besonders bei den Säugethieren der Fall, und es ist auch sehr einleuchtend, weßhalb bei ihnen die Dimensionen der starreren Luftkanäle zwischen dem zarten Lungengewebe variabel seyn müssen. Denn da dieses zarte Gewebe überall continuirlich zwischen jenen baumartig verästelten Kanälen verbreitet ist, an ihnen festhängt und sich nun wechselnd ausdehnen und zusammenziehen soll, so würden stets Zerrungen entstehen müssen, wenn die beiden Theile, das starrere Gerüst und die zarten Zellenmassen, nicht gleichmäßig ihre Dimensionen änderten.

Unter Umständen hat die Contraction der Luftwege noch einen besondern Nutzen. Da nämlich bei der Ausathmung ebenso viel Luft aus den Lungen geht, als bei der Einathmung eintritt, da die Ausathmung zugleich mindestens ebenso rasch geschieht als die Einathmung, so muß, vermöge der Contraction der Luftwege, welche mit der Ausathmung gleichzeitig eintritt, die ausströmende Luft immer eine lebhaftere Bewegung haben, als die eintretende. Befinden sich nun Schleimmassen oder sonstige der Function fremde Körper in den Luftwegen, so werden sie von der Ausathmung allmälig mehr und mehr den größeren Luftwegen zugeführt werden müssen, so daß sie endlich in den Kehlkopf eindringen und dann durch Husten oder Räuspern entfernt werden. In der Luftröhre selbst wird diese Bewegung, besonders bei dem Menschen, dessen Luftröhre senkrecht steht, am meisten während der horizontalen Lage der Nachtruhe geschehen. Das Flimmerepithelium der Lungen kann diese Effekte unterstützen. Jedoch wird seine Wirkung nur für sehr kleine Theile in Anschlag kommen. Sobald sich die kleinsten Partikelchen zu größeren Massen zusammengeballt haben, wird der Luftstrom das Uebrige bewirken müssen. Wie wichtig aber Vorrichtungen sind, welche feine, fremdartige Theilchen aus den Luftwegen zu schaffen vermögen, ist einleuchtend, wenn man an die Massen von Staub denkt, welche manche Thiere während ihres Lebens einathmen. Diese würden in der That nach kurzer Zeit im Stande seyn, der Athmung ein Ende zu machen, wenn die Lunge sich derselben nicht zu entledigen vermöchte.

Diese elastischen Organe liegen nun bei den Säugethieren in der Brusthöhle, welche durch das Zwerchfell gänzlich von der Unterleibshöhle geschieden ist. Denken wir uns die Lungen aus der Brusthöhle entfernt, so bietet sich uns die letztere in Gestalt zweier hohlen, mit einer glatten Haut (Pleura) ausgekleideten Räume dar. Es sind zwei aus der Pleura gebildete Säcke, welche mit einem großen Theile ihrer Außenseite an den Muskeln und Knochen der Brustwand haften; jede Seitenhälfte der Brust enthält einen derselben. In der Mittelebene des Thorax sind sie theils weit von einander getrennt, indem das Herz zwischen sie eingelagert ist; theils liegt hinter dem Brustbeine zwischen ihnen die Thymus und vor der Wirbelsäule die Speiseröhre, Aorta u. s. w. In diesen innerlich glatten Säcken befinden sich die Lungen, äußerlich ebenfalls von einer glatten Haut überzogen und nur jede durch ihren Luftröhrenast, welcher durch den äußern Sack eintritt, befestigt. Indem aber zwischen der glatten Haut der Lunge (pleura pulmonalis) und der äußern Pleura sich keine Luft befindet und auch nicht zwischen dieselbe eindringen kann, werden die Lungen, gegen die Bestrebung ihres elastischen Gewebes, durch den Luftdruck ausgespannt und überall an die innere Fläche der beiden äußeren Säcke gedrückt. Sie werden genöthigt, jeder Erweiterung der Brusthöhle zu folgen und können bei Verengerungen derselben sich nur so weit zusammenziehen, als ihnen diese Verengerung es erlaubt.

Sobald aber durch eine Verwundung der Brustwand die Luft Zutritt zu der äußern Lungenfläche bekommt, sobald also der Druck der Luft von der innern Höhle der Lungen aus nicht mehr überwiegt, kann die Lunge ihrem elastischen Bestreben folgen und fällt zusammen. Man hat sich hierüber oft so ausgedrückt: die Lunge werde durch die Luft zusammengedrückt. Das ist eben so absurd, als wenn man sagen wollte, ein Körper, welchen man durch Ansaugen an die Lippen aufgehoben hätte und dann durch ein Nachlassen der saugenden Thätigkeit fallen ließe, werde durch den Druck der Luft zu Boden geworfen. Beiläufig mag es bemerkt seyn, daß die Zusammenziehung der Lunge nach penetrirenden Brustwunden besonders bei dem Menschen oft unvollständig ist, theils wegen pathologischer Zustände der Lungen, welche ihre Elasticität beeinträchtigen, theils wegen der pathologischen Adhäsionen, welche sich so häufig zwischen der Oberfläche der Lunge und der Brustwand bilden.

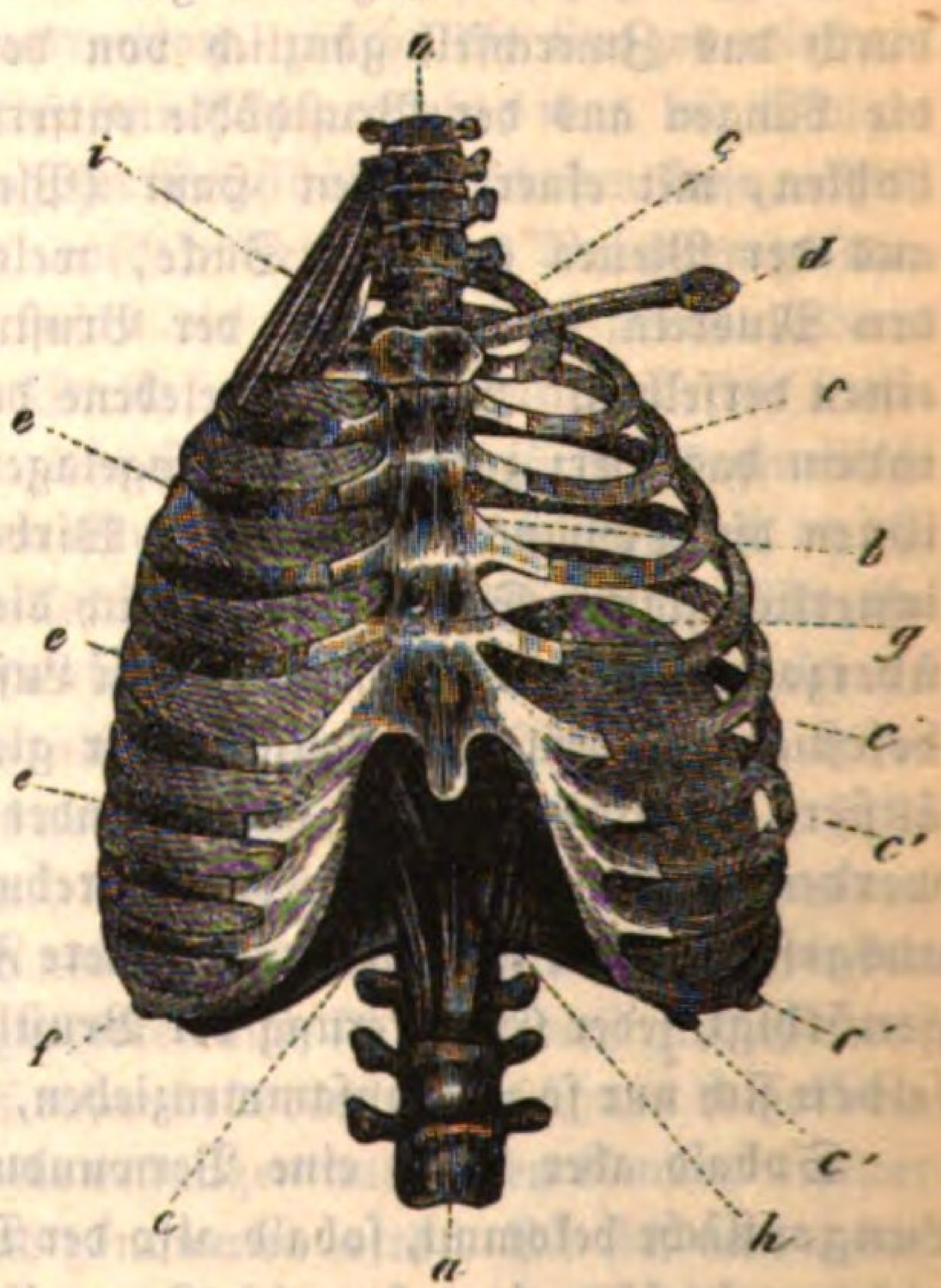
Es ist mir nicht bekannt, daß man den Nutzen dieser bei allen Säugethieren verbreiteten Einrichtung recht klar aufgefaßt hätte.*) Jedenfalls gibt es sehr verkehrte Ansichten darüber.

*) Ich finde z. B. noch neuerlich in Hutchinson's von Samosch übersetzter Schrift die Frage, ob die bei Menschen so häufigen krankhaften Adhäsionen der Lunge an die Brustwand die Ausdehnung der

Man hat sich zu fragen: weßhalb sind die Lungen, als in der Brusthöhle eingeschlossene Schläuche, nur mittelbar (weil zwischen ihre Oberfläche und die Brustwand keine Luft treten kann) an die Bewegungen dieser Wandung gebunden, weßhalb ist die Außenfläche der Lunge nicht mit der Innenfläche der Brusthöhle verwachsen? Die Antwort ist, daß diese eigenthümlichen mechanischen Verhältnisse der Säugethierlunge eine deutliche Beziehung zu den Besonderheiten in der Thätigkeitsweise ihrer Brustwandungen haben. Indem sich nämlich bei ruhigen Inspirationen die Brust nur an einer beschränkten Stelle ausdehnt (z. B. nur die unteren Rippen mit dem Zwerchfell), muß diese Ausdehnung, wie schon erwähnt wurde, durch die Elasticität auf die ganze Lunge übertragen werden, und es muß, um eine solche verbreitete Ausdehnung möglich zu machen, die Lungenoberfläche sich frei verschieben können, damit ein Theil derselben aus der nicht erweiterten Gegend der Brusthöhle sich gegen die erweiterte Stelle hin bewegen kann.

Denken wir uns die Lunge an allen Theilen ihrer Oberfläche mit der Innenwand der Brusthöhle verwachsen, so wird sie freilich auch den Erweiterungen und Verengerungen derselben folgen müssen. Wenn dann aber diese Bewegungen der Wandung nicht nach allen Seiten gleichmäßig geschähen, so würde auch die Lunge sich nicht überall ausdehnen. Wie die Sachen sind, braucht sich nur das Zwerchfell (s. u.) hinabzubewegen, so spannt und erweitert sich die Lunge in allen Theilen.

Fig. 169.



Menschlicher Brustkorb.

Der Thorax, die Kapsel in welcher die Lungen sich befinden, ist in verschiedenen Richtungen der Ausdehnung fähig. Es geschieht dieselbe stets durch Muskelwirkung, theils mit, theils ohne Vermittelung von Knochen. Diese Höhle, in der hintern Mittellinie von der Wirbelsäule, in der vordern vom Brustbeine begränzt, ist übrigens ringsum von den Rippen umgeben. So durch die Rippen bestimmt, wird sie nach oben hin enger, nach unten weiter und hier durch die theils fleischige, theils sehnige Zwischenwand, das Zwerchfell, von der Unterleibshöhle geschieden. An dem Skelette haben wir die Wirbel als die relativ festen Theile anzusehen. Die Rippen bewegen sich an ihnen, und deren Bewegungen fallen natürlich an den Stellen am stärksten aus, welche am weitesten von der Wirbelsäule entfernt sind. Mit den vorderen Enden bewegt sich das Brustbein und kann auch die Bewegungen, welche ihm unmittelbar von seinen Muskeln mitgetheilt werden, auf die Rippen übertragen. Die Inspirationsbewegungen der Rippen bestehen in Erhebung und Abduction (letztere namentlich an den unteren Rippen), wodurch der Thorax sich erweitert. Die Ausathmungsbewegungen dieser Theile können wohl ohne besondere Muskelanstrengungen durch das bloße Zurücksinken der Rippen in ihre ruhige Lage geschehen. Bei angestrengten Ausathmungsbewegungen, wie sie namentlich beim Schreien u. s. w. als normale, beim Husten u. dgl. als außerordentliche Thätigkeiten vorkommen, wirken aber Muskeln mit, und es ist der Muskelapparat der

---

Lungen beeinträchtigen, berührt, ohne daß von den einfachen Principien, wonach sie zu beurtheilen ist, auch nur die Rede wäre. Hutchinson beweist, daß ungeachtet dieser Adhäsionen die Beweglichkeit des Brustkastens groß, und die Lunge dabei von gesundem Aussehen seyn kann. Dieß ist allerdings für sich interessant. Aber es ist daneben auch gewiß, daß bei ruhiger Athmung die Ausdehnung einer solchen angewachsenen Lunge keine gleichmäßige seyn wird.

Ausathmung wegen dieser Bedürfnisse selbst mächtiger als der entgegengesetzte. Das Zwerchfell, ein nach oben convexes Gewölbe darstellend, ist ein sehr bedeutendes Instrument der Einathmung. Indem seine Muskelfasern sich verkürzen, muß sich das Gewölbe abflachen, sein höchster Theil herabsteigen. Die zu oberst gelegenen Unterleibseingeweide werden dadurch abwärts getrieben und der ganze Inhalt der Bauchhöhle macht sich dann Platz, indem er die vorderen und seitlichen Bauchwandungen anspannt. Durch Contraction der letzteren wird darauf das Zwerchfell mittelst der Unterleibseingeweide wieder gehoben. *) Dieses Heben und Senken bezieht sich indessen nur auf den höchstgelegenen Theil des Zwerchfelles, auf die Höhe seiner Wölbung. Die Peripherie ist die relativ feste Linie, gegen welche der mittlere Theil herabgezogen wird. Diese peripherische Anheftung des Zwerchfelles findet großentheils an den unteren Rippen, im untern Umfange des Brustkorbes Statt. Auch dieß sind bewegliche Theile und es muß das Zwerchfell bei seiner Anspannung gegen sie einen Zug in der Richtung nach Innen und Oben ausüben. Da sich das Zwerchfell während seiner Contraction nie völlig abflacht, so wird diese Wirkung selbst in jedem Momente des Herabsteigens der Wölbung Statt finden. Hiedurch würde nun der untere Umfang des Brustkorbes bei der Einathmung eine Einschnürung und Hebung erfahren. Diese Bewegung soll auch bei Kindern wirklich beobachtet werden, während bei ausgebildeteren Körpern die Rippen und Rippenknorpel zu fest sind, um eine Bewegung nach Innen zuzulassen. Die Form der Gelenke erlaubt nur eine Bewegung der Rippen nach Oben und Außen und es ist klar, daß ein Zug nach Oben und Innen, wenn seine Richtung unter einem spitzen Winkel mit der Richtung der möglichen Bewegung zusammentrifft, die Rippen nach Außen und Oben heben wird. Ein Kraftverlust findet dabei natürlich Statt, welcher durch den Winkel zwischen beiden Richtungen bestimmt wird. Wird dieser verschwindend klein, so ist auch der Verlust verschwindend; wächst der Winkel bis zu einem rechten, so findet keine Wirkung mehr Statt, der Kraftverlust wird gleich der Kraft selbst. Nach Beobachtungen von Beau und Maissiat soll das Zwerchfell in der That eine merkliche Hebung der unteren Rippen mit Erweiterung des Thorax bewirken. Das Zwerchfell bietet auch Gelegenheit zu der Beobachtung, daß die Lunge mit ihrem elastischen Zusammenziehungsstreben nicht unbedeutend zur Bewirkung der Ausathmungsbewegungen beiträgt. Oeffnet man den Unterleib

---

*) Einige deutsche Schriftsteller haben neuerlich einer von Beau und Maissiat aufgestellten Behauptung Glauben geschenkt, welche ich als leichtfertig bezeichnen muß. Es sollen nämlich bei der Zwerchfellsthätigkeit die Darmgase eine besondere Rolle spielen. Steigt das Zwerchfell herab, so sollen nicht die Bauchwandungen nachgeben, sondern diese Gase comprimirt werden. Durch ihre Expansion sollen sie bei nachlassender Thätigkeit des Zwerchfells dieses wieder heben. Für diese Behauptung, welche sich natürlich nur auf die ruhigste Respiration bezieht, fehlen aber alle Beweise, und der Augenschein spricht dagegen. Ich für meine Person wenigstens kann nicht so ruhig athmen. Die Herren Beau und Maissiat finden bei einem Pferde, welches sie bei kalter Luft beobachten, daß der Dampf aus seinen Nasenlöchern für die kaum merklichen Bewegungen des Abdomen viel zu mächtig sey. Wen kann das überzeugen? Und dann soll es der Ansicht zur Stütze dienen, daß bei den Vögeln, welche einen andern Mechanismus haben, auch kein Gas sich im Darm finde. Das ist aber rein aus der Luft gegriffen und wirft somit ein übles Licht auf die Genauigkeit der Untersuchung. Das Vorkommen des Gases bei Säugethieren ist ebenso wenig regelmäßig, als das Nichtvorkommen bei Vögeln. — Uebrigens sieht ein Jeder, daß wenn die Sache richtig wäre, eine Ersparung an Muskelthätigkeit gar nicht damit bewiesen würde. Die Muskeln des Unterleibs würden sich während der Inspiration anstrengen müssen, um den Darmgasen zum Widerhalte zu dienen, wie sie es in der Wirklichkeit während der Ausathmung thun, um das Zwerchfell zu heben. (Die Untersuchungen von Beau und Maissiat über den Respirationsmechanismus finden sich: Arch. gén. de méd. III. Série. tome XV. und IV. Série t. I. II. III. Eine Arbeit von Maissiat über die Intestinalgase in seinen Etudes de physique animale. Letztere namentlich ist so voll von abenteuerlichen Vorstellungen über den Nutzen des Gases in den Gedärmen, daß man sich kaum enthalten kann, dabei einen unter solchen Umständen doch unverzeihlichen Muthwillen des Verfassers zu argwöhnen.)

eines Säugethieres, so sieht man nach Beseitigung der Leber u. s. w. das Zwerchfell in seiner natürlichen Form einer Wölbung ganz glatt gespannt. Sobald man aber durch Eröffnung des Raumes zwischen Lunge und Brustwand den Eintritt von Luft bewirkt, wird das Zwerchfell faltig, schlaff. Es behält dann nur noch einigermaßen seine convexe Lage bei, weil es am Herzbeutel u. s. w. angewachsen ist.

Die ruhige Athmung geschieht nun keineswegs durch schwache Erweiterung des Thorax nach allen Seiten, sondern durch eine mäßige und zugleich nur partielle Erweiterung. Das männliche und weibliche Geschlecht unterscheiden sich in der Hinsicht, daß bei dem erstern der untere Umfang des Thorax und das Zwerchfell sich in Bewegung befinden, während bei dem letztern besonders der obere Theil des Brustkorbes thätig ist. Diese Besonderheit des weiblichen Geschlechtes soll im ersten Jahre, auch wohl in den ersten Lebensjahren noch fehlen, dennoch aber immer schon früh und namentlich lange vor der geschlechtlichen Entwicklung eintreten. — Bei verschiedenen von Beau und Maissiat untersuchten Thieren fanden sich die Bewegungen im hintern Theile der Brusthöhle. Die genannten Schriftsteller unterscheiden noch die Athembewegungen des Hundes von denen des Pferdes, Kaninchens und der Katze, indem sie bei letzteren abdominal, durch das Zwerchfell bewirkt, bei ersterem dagegen von dem hintern Theile des Brustkastens oder der Rippen ausgeführt werde. Auch bei dem männlichen Geschlechte des Menschen unterscheiden sie noch diese beiden Typen, den type abdominal und den type costo-inférieur gegenüber dem type costo-supérieur, der lediglich bei den Weibern, bei ihnen aber stets vorkommt. Diese Verschiedenheit zwischen männlichem und weiblichen Geschlecht spricht sich natürlich auch in der Beweglichkeit der Theile aus; die oberste Rippe des Mannes ist sehr unbeweglich, während sie im Weibe sehr beweglich ist. Welche Beziehung diese Verschiedenheit zu den im engern Sinne geschlechtlich zu nennenden Functionen hat, ist leicht zu sehen. Eine abdominale Athmungsbewegung würde von einem hochschwangern Weibe schwer auszuführen seyn, während auf der andern Seite die Beweglichkeit des obern Theiles des Brustkastens mit einem anhaltenden und kräftigen Gebrauche der Arme, deren Muskeln zum Theil am Thorax befestigt sind, sich nicht verträgt, deßhalb bei dem männlichen Geschlechte nachtheilig seyn würde.

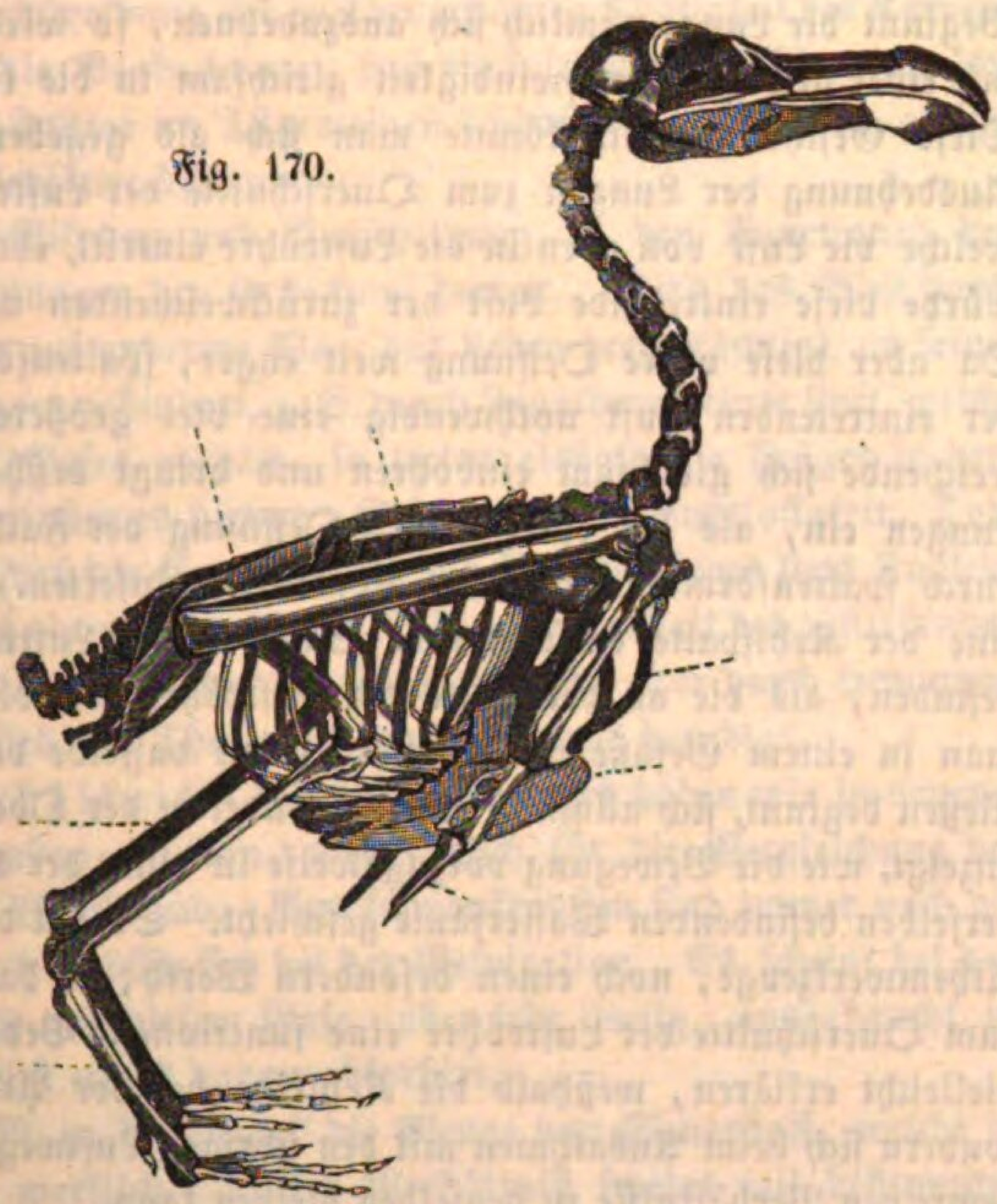
Die Hebel der Athmungsbewegung sind bei allen Vögeln und wohl bei allen mit ausgebildeten Rippen versehenen Reptilien insofern mit denen der Säugethiere gleich, als die Ausdehnung und Zusammenziehung des Raumes, welcher die Lungen enthält, das Bedingende ist. Ueberall aber fehlt diesen Thieren ein Zwerchfell, welches an Entwicklung und Function mit dem der Säugethiere zu vergleichen wäre. Daneben finden sich noch andere Besonderheiten.

Bei den Vögeln ist die Lunge mit einem bedeutenden Theile ihrer Oberfläche an der Rückenwand des Thorax angewachsen, während ihre Sternalfläche frei ist. Gegen die Bauchhöhle hin steht sie mit einem rudimentären Zwerchfell in Verbindung, welches einige Muskelfasern enthält. Es ist hiernach bei den Vögeln nicht möglich, daß eine solche Wechselbewegung zwischen Abdomen und Thorax Statt finde, wie bei den Säugethieren. Vielmehr scheint es durch das Uebergewicht der Entwicklung des Thorax, welcher einen bedeutenden Theil der Bauchhöhle mit umfaßt, möglich, daß die ganze Rumpfhöhle sich gleichzeitig erweitere und verengere.

Die Bildung des Thorax weicht hier (Fig. 170) auch wesentlich darin ab, daß an das große Brustbein, welches die Brusthöhle wie ein Schild nach unten schließt, die Rippen nicht durch Knorpel befestigt sind, sondern durch Knochen. Jede Rippe bildet mit dem Knochen, welcher sie an das Brustbein heftet, und dieser Knochen wiederum mit dem Sternum ein Gelenk. Diese Gelenke befinden sich für gewöhnlich in einem stark gebeugten Zustande; eine Streckung derselben bewirkt Entfernung des Brustbeins vom Rückgrat. Seitliche Erweiterung des Brustkorbes scheint dagegen unmöglich zu seyn. Die Muskeln, welche die Erweiterung des Brustkorbes und seine Verengerung bewirken, sind auch hier wie bei den Säugethieren

zum Theil (und wohl in noch höherem Grade) solche, welche auch anderen Functionen dienen. Indessen können die Muskelfasern des unvollkommenen Zwerchfells, die Rippenheber, nebst einem vielbauchigen Sternocostalmuskel entschieden als Inspirationsmuskeln angesehen werden.

Fig. 170.



Vogelskelet zur Seitenansicht des Brustkorbs.

Bei den Reptilien, so weit sie mit Rippen versehen sind, außer den Schildkröten, müssen es die Bewegungen der Rippen seyn, welche die Lungen ausdehnen und zusammendrücken (oder ihnen das Zusammenziehen erlauben). Bei den Schildkröten versteht es sich von selbst, daß nur an den weichen Theilen der Körperoberfläche, hie und da auch wohl an beweglichen Theilen des Brustbeines, Athmungs-Bewegungen geschehen können. So finden wir hier die Athmungsmuskeln namentlich in der hintern Oeffnung der starren Kapsel des Thieres, welche den hinteren Extremitäten u. s. w. den Ausgang gestattet.

Diese sollen die Ausathmung bewirken, während die Einathmung, wie bei den rippenlosen Reptilien, durch eine Art von Niederschlucken bewirkt wird. Der Einathmung kann indessen bei den Cheloniern auch noch eine Art von Zwerchfell zu Hülfe kommen, eine mit Muskelfasern versehene häutige Ausbreitung, welche sich an den Lungen befestigt.

Durch diese verschiedenen Mechanismen wird es nun also bewirkt, daß in die Lungen stets neues O der atmosphärischen Luft eintritt und Kohlensäure sich daraus entfernt. Die neu eintretende Luft vermengt sich mit der in den Lungen vorhandenen, wie sich überall verschiedenartige Gase unabhängig von ihrem Gewichte durch einander verbreiten. So gelangt die neu eintretende Luft nicht bloß in die Luftröhre und ihre nächsten Verästelungen, sondern auch in die eigentlichen Respirationsorgane, in die kleinen Luftzellen hinein, und so gelangt auch bei der Ausathmung nicht bloß wieder dieselbe Luftmasse aus der Lunge, welche eben vorher hineingetreten war.

Indessen ist es klar, daß eine solche Vermengung der Gase in den complicirteren Organen weniger ergiebig seyn kann, als in den einfacheren. Denken wir uns eine Quantität Luft in die einfache Lunge eines Salamanders oder Frosches eintretend, so hat dieselbe eine bedeutende Berührungsfläche mit der in den Lungen vorhandenen Luft. Von der relativen Ausdehnung dieser Berührungsfläche muß aber natürlich die Ausgiebigkeit des Vermischungsprocesses abhängen. Diese Berührungsfläche würde in den Lungen der Säugethiere sehr klein seyn, wenn die eingeathmete Luft sich wie eine continuirliche Säule erst in die Luftröhre und dann in deren Verästelungen hineinschöbe; sie würde durch die Querschnitte der Verästelungen, bis in welche die Luft so vorrückte, gegeben seyn. Bergmann hat auf einen Umstand aufmerksam gemacht, *) welcher im Stande ist, neben dem Vermischungsstreben die Gase selbst, diese nothwendige Vermischung zu vermehren, zu beschleunigen.

*) Müller's Archiv 1845. S. 296.

Beginnt die Lunge nämlich sich auszudehnen, so wird die in der Luftröhre befindliche Luft mit einer gewissen Geschwindigkeit gleichsam in die tieferen Gegenden der Lunge gezogen. Diese Geschwindigkeit könnte man sich als gegeben denken durch das Verhältniß der Ausdehnung der Lungen zum Querschnitte der Luftröhre. Wäre nun die Oeffnung, in welche die Luft von oben in die Luftröhre eintritt, eben so weit, als diese Röhre selbst, so würde diese eintretende Luft der zurückweichenden mit derselben Geschwindigkeit folgen. Da aber diese obere Oeffnung weit enger, spaltenförmig ist, so ist die Geschwindigkeit der eintretenden Luft nothwendig eine viel größere, sie muß in die langsamer zurückweichende sich gleichsam einbohren und dringt deßhalb nothwendig alsbald tiefer in die Lungen ein, als bei einer weiten Oeffnung der Fall seyn könnte. (Dasselbe gilt für die durch spaltenförmige Luftlöcher athmenden Insekten.) Ebenso wird bei der Ausathmung eine der Kehlspalte entsprechende Säule in der Luftröhre in geschwinderer Bewegung sich befinden, als die an der Seite der Luftröhre befindliche Luft. Auf ähnliche Weise sieht man in einem Gefäße mit Wasser, wenn dasselbe durch eine Oeffnung im Boden auszufließen beginnt, sich allmälig einen Strudel in der Oberfläche der Flüssigkeit bilden, welcher anzeigt, wie die Bewegung vorzugsweise in einer der Oeffnung entsprechenden und sich über derselben befindenden Wassersäule geschieht. So hat die Kehlspalte, als enger Eingang der Athemwerkzeuge, noch einen besondern Werth; es hat das Verhältniß ihres Querschnittes zum Querschnitte der Luftröhre eine functionelle Bedeutung und es mag sich hieraus auch vielleicht erklären, weßhalb die Kehlritze bei der Athmung sich nicht bloß passiv verhält, sondern sich beim Ausathmen mit den übrigen Luftwegen gleichzeitig verengert, so daß sie in demselben Verhältnisse zu denselben bleiben kann.

Die bedeutendsten Fragen, welche die Physiologie der Athmung zu erledigen hat, betreffen die Bildung der Kohlensäure. Zu welchem Zwecke und auf welche Weise begibt sich dieser Proceß? Am wenigsten läßt sich über das Wie des Vorganges sagen. Wir wissen, daß alle organischen Verbindungen in den Thieren sowohl Kohlenstoff und Wasserstoff, als Sauerstoff enthalten. Sie enthalten das O nicht in solcher Menge, daß gleichzeitig ihr Kohlenstoff zu Kohlensäure, ihr Wasserstoff zu Wasser sich oxydiren könnten, ohne Hinzutritt von neuem Sauerstoff. In welcher Weise sich nun aber der schon vorhandene und der neu hinzutretende Sauerstoff bei diesen Bildungen betheiligen, ist nicht näher bekannt. Sicher ist es aber, daß wirklich die festen Bestandtheile des Körpers durch Zersetzung jene Kohlensäure der Respiration liefern. Es zeigt sich dieß z. B. sehr evident bei Thieren, welche lange Zeit ohne Nahrung zubringen, sey dieß eine abnorme, zufällige Abstinenz oder eine normale, wie sie im Winterschlafe geschieht. Es ist von vielen Winterschläfern, kalt- und warmblütigen, wirbellosen und Wirbelthieren, bekannt, daß sie von langem Winterschlafe abmagern, daß sie namentlich mit bedeutenden Fettanhäufungen einschlafen und ohne dieselben erwachen. Diese kohlenstoffreichen Anhäufungen können durch keine andere Excretion entfernt seyn, als durch die Respiration.

Noch wichtiger, als uns für jetzt diese Zersetzung des Fettes erscheinen kann, sind einige bekannte Thatsachen, welche darauf leiten, daß auch im Lebensprocesse der Muskeln und Nerven Kohlensäure gebildet wird, und daß der Zersetzungsproceß in diesen für die Thiere so charakteristischen Organen mit ihren Functionen in inniger, vielleicht direkt causaler Verbindung steht.

Dafür läßt sich anführen: Die starke Entwicklung der Athmungsorgane und ihrer Thätigkeit im Verhältniß zur Entwicklung des Muskelsystemes und seiner Thätigkeit. — Dieß ist eine vielfach bemerkte Beziehung, welche freilich ihrer Natur nach keine ganz scharfe Beweisführung zuläßt. Aber wir sehen, daß unter den Wirbelthieren besonders die Vögel eine bedeutende Menge von Kohlensäure bilden, und eben diese wenden ohne Zweifel auch die meiste Muskelkraft auf. Ebenso finden wir bei den Insekten wieder eine sehr entwickelte Athmung. Genaue Untersuchungen haben gelehrt, daß der ausgebildete Mann mehr Kohlensäure im Verhältniß zu seinem Körpergewichte bildet, als das Weib; so wie auch bei dem-

selben Individuum die Kohlensäure-Ausscheidung sich mit der erhöhten Thätigkeit des Körpers vermehrt. Hieher gehört namentlich die Beobachtung, daß die kaltblütigen Thiere, welche wir mit der zunehmenden Wärme des Jahres im Allgemeinen lebhafter werden sehen, gleichzeitig auch stärker athmen, mehr Kohlensäure bilden.

Die Beziehung der Kohlensäure-Bildung und Ausscheidung zu den Functionen des Nervensystemes geht aus den Erscheinungen der Erstickung hervor. Wird das Blut durch irgend eine Ursache, welche nicht auch auf anderem Wege das Leben beeinträchtigt, an seiner Kohlensäure-Ausscheidung in den Lungen gehindert, z. B. durch Einathmen einer Luft, welche einen bedeutenden Zusatz eben dieses Gases enthält, so treten alsbald die Folgen in dem Zustande der Centraltheile des Nervensystemes hervor: Schwindel, Bewußtlosigkeit, Tod. Die einfachste Folgerung hieraus ist: daß die Centraltheile des Nervensystems stets Kohlensäure bilden und abgeben müssen; daß ein zu bedeutender Kohlensäuregehalt des zufließenden Blutes diese Ausscheidung hemmt und so, entweder durch Ueberladung oder durch Hemmung der Bildung dieses Zersetzungsproduktes, die Thätigkeiten des Gehirns beendigt.

Ueber die quantitativen Verhältnisse des Gasaustausches haben wir in neuerer Zeit mehr und mehr zuverlässige Angaben erhalten, welche auch für die Vergleichung der Thiere aus verschiedenen Klassen von Werth sind. Am schwankendsten sind immer noch die Beobachtungen über das Verhalten des Stickstoffes bei der Respiration. Es scheint bei den höheren Thieren in der Regel etwas von diesem Gase, aber sehr wenig, ausgehaucht zu werden. Zuweilen wird aber auch selbst etwas davon absorbirt.

Der absorbirte Sauerstoff übertrifft in der Regel die Menge von Sauerstoff, welche in der Kohlensäure ausgeathmet wird, merklich. Dieses Verhältniß scheint mit bestimmter Nahrung bei demselben Thiere zu wechseln. Die größte Abweichung von den gewöhnlicheren Verhältnissen hat man aber bei dem Winterschlafe (der Murmelthiere) beobachtet. Ist der Schlaf sehr tief, so wird nur sehr wenig Kohlensäure im Verhältniß zu dem absorbirten Sauerstoff ausgeleert. In einem lange fortgesetzten Versuche gewann man z. B. vom Murmelthier 7174 milligr. Kohlensäure, während es 13088 milligr. Sauerstoff absorbirt hatte. Hätte das Thier nicht auch Wasserdampf ausgehaucht, so hätte es durch dieses Athmen 6 Gramm etwa schwerer werden müssen. In der That wurde eine geringe Gewichtszunahme bei weiter schlafenden Murmelthieren, wenn sie im tiefsten Schlage lagen, einige Male beobachtet. Somit läßt sich denken, daß sie wirklich (bei der tiefen Temperatur der Luft und ihres Körpers) nicht ganz so viel Wasser an Gewicht verdampft hatten, als der Gewichtsüberschuß des absorbirten Sauerstoffes über die ausgehauchte Kohlensäure betrug. Direkt ließ sich dieß leider bei dem angewandten Verfahren nicht ermitteln. Unter den verschiedenen Thieren, deren Athmung bis jetzt genauer untersucht wurde, hat man diese Function besonders energisch gefunden bei kleineren Vögeln, Grünfink, Kreuzschnabel, Sperling. Die Consumtion von Sauerstoff ist bei diesen Geschöpfen häufig so stark, daß der in vier Tagen aufgenommene Sauerstoff dem Gewichte des Körpers gleichkommen würde. *) Im Allgemeinen ist die Respiration der kleineren warmblütigen Thiere relativ stärker, als die der größeren; jedoch finden sich in diesem Verhältnisse bedeutende Schwankungen, wie z. B. das in der Anm. angegebene Verhältniß von Feldtaube und Zeisig (was freilich unvollständig ist, da wir die Menge des verzehrten Sauerstoffes nicht kennen).

Die Respiration der Säugethiere und Vögel ist weit stärker als die der Reptilien und Fische. Unter den Reptilien stehen besonders die nackten sehr tief.

Unter den wirbellosen Thieren erheben sich ohne Zweifel viele Insekten eben so hoch als manche Säugethiere, selbst Vögel. Die neueste Untersuchung über die Respiration

*) Der Verbrauch von Sauerstoff, auf ein Kilogr. des Gewichts der Thiere berechnet, betrug stündlich 9,59 bis 14,06 Gramm, also meist über $^1/_{100}$ des Gewichts der Thiere. Dieß nach Regnault und Reinset. Lehmann, der nur die ausgehauchte Kohlensäure mittheilte, fand deren Quantität gewaltig groß bei Feldtauben, etwas geringer beim Zeisig.

der Maikäfer ergab, daß von diesen Thieren, auf 1 Kilogr. ihres Körpergewichts berechnet, stündlich 0,962 bis 1,076 Gramm Sauerstoff verzehrt wurden, was ungefähr mit Resultaten übereinstimmt, welche nach derselben Methode an Kaninchen gewonnen wurden.

Die übrigen Wirbellosen, namentlich die durch Kiemen athmenden, bleiben aber hierin sehr weit hinter den Insekten zurück. Indessen finden sich in dieser Hinsicht gewiß zahlreiche und bedeutende Schwankungen,*) wie schon die verschiedene Energie der locomotorischen Aeußerungen vermuthen läßt. Leider fehlt es uns hier aber noch an jeder exactern Beobachtung, obgleich ohne diese eine genügende Einsicht in das Getriebe des gesammten Lebens unmöglich gewonnen werden kann. — Nach ihrer allgemeinsten Bedeutung erscheinen die Respirationsorgane der wirbellosen Thiere gleichfalls, wie bei den Wirbelthieren, als Lungen und als Kiemen. Bau und Anordnung derselben wechselt aber außerordentlich, je nach den einzelnen Abtheilungen, die wir gesondert betrachten müssen. Die Anwesenheit der einen oder andern Form von Athmungswerkzeugen ist zunächst von der Lebensweise und dem Aufenthalt der betreffenden Thiere abhängig. Da die meisten Evertebraten Wasserbewohner sind, haben auch die Kiemen eine weit größere Verbreitung. Wir kennen ganze Abtheilungen, in denen sie die ausschließlichen Respirationsorgane darstellen.

Bei vielen wirbellosen Wasserthieren, namentlich kleinen und niedrig stehenden Formen, fehlen alle besonderen Respirationsorgane. Der endosmotische Austausch der Gase, der durch die äußere Fläche des Körpers stattfindet (auch bisweilen durch die innere Fläche, wenn diese, wie es in vielen Evertebraten der Fall ist, — s. einen spätern Abschnitt über die wasserführenden Räume — mit dem Wasser in Contact kommt), wird dann für die respiratorischen Bedürfnisse genügen, und zwar um so eher, je größer die Berührungsfläche im Verhältniß zum Körper, je kleiner der Körper und je weniger gedrungen seine Form ist. Reicht diese respirirende Fläche nicht mehr aus (entweder weil sie überhaupt zu klein ist, oder weil sie in größerer und geringerer Ausdehnung durch Verdickung, Verkalkung u. s. w. für die Endosmose ungeeignet wird), so müssen zum Zwecke der Athmung sich besondere Organe, Kiemen, bilden. In den meisten Fällen sind dieselben locale Verlängerungen der äußeren Bedeckungen, die nach dem Prinzipe der Flächenvergrößerung durch wiederholte Ausstülpung häufig eine complicirtere Form angenommen haben.

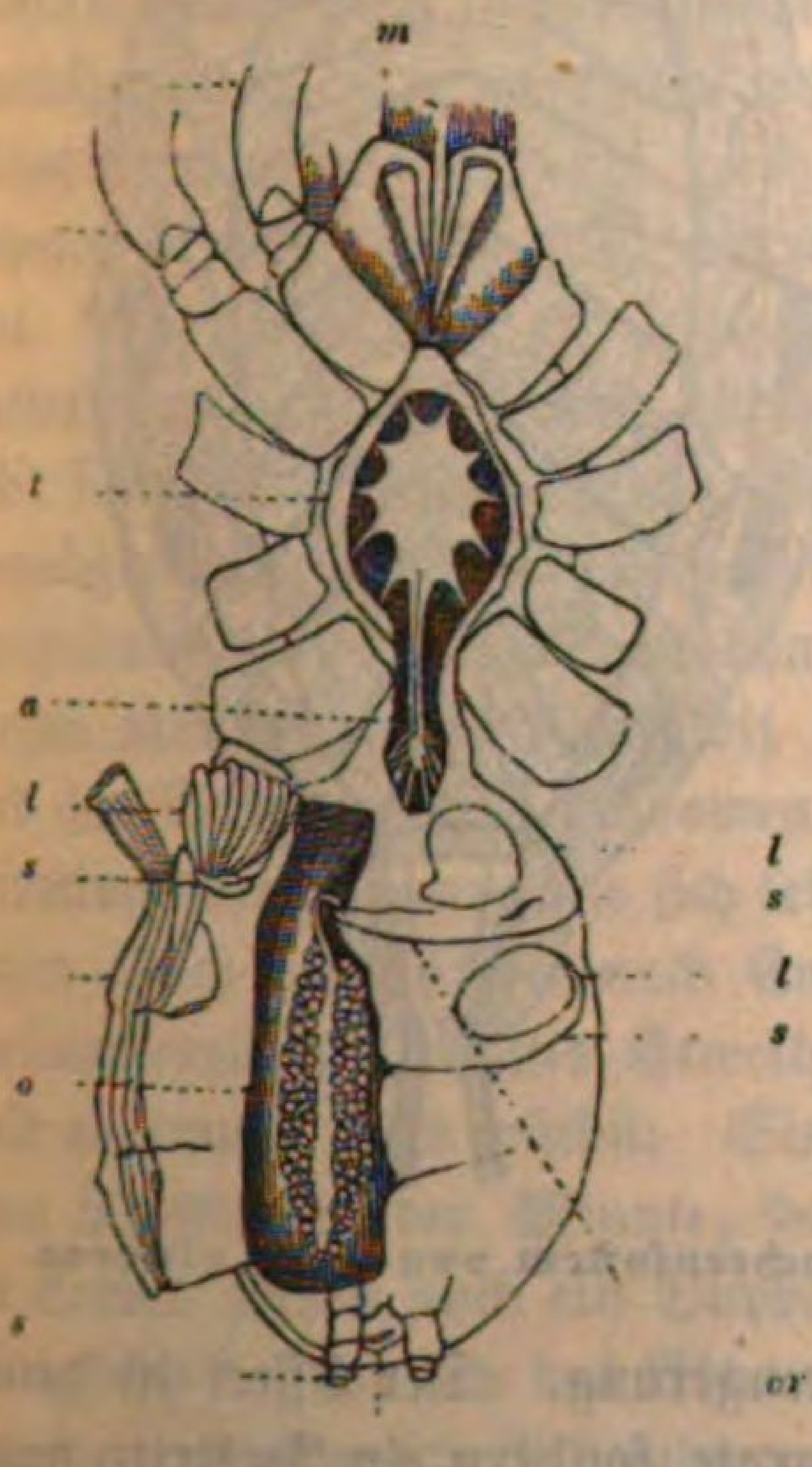
Die Arthropoden gliedern sich nach der Beschaffenheit der Respirationsorgane sehr scharf in zwei Gruppen, in die Insekten mit den Spinnen und Tausendfüßlern, und in die Crustaceen. Die ersteren sind mit inneren Luftapparaten versehen, die anderen mit Kiemen.

Die luftführenden Athmungsorgane der Arthropoden bestehen aus einem sehr eigenthümlichen System elastischer Röhren, die den Namen der Luftröhren oder Tracheen führen und in den ausgebildeten Thieren beständig durch mehrere Oeffnungen, die sog. Luftlöcher oder Stigmata nach außen münden. Ein Zusammenhang der Luftröhren mit dem Vorderende des Tractus intestinalis fehlt beständig. Die Luftlöcher sind paarige Gebilde und liegen an den Seitentheilen der einzelnen Segmente, doch nicht an allen. So entbehrt namentlich der Kopf, der Metathorax und die Hinterleibsspitze ganz beständig der Stigmata, wohl aus Gründen der räumlichen Entwicklung. Am geringsten ist die Zahl der paarigen Stigmata unter den sechsfüßigen Insekten bei den Zweiflüglern (6), am größten bei den Orthopteren (10). Die Myriapoden haben die beträchtlichste Anzahl

*) Daß diese auch schon bei den Insekten vorkommen, geht z. B. daraus hervor, daß in einer Menge von zwei Cubikzoll atmosphärischer Luft die Biene nur zwölf Stunden leben kann, ein Laufkäfer siebenzehn, ein Mistkäfer vierunddreißig und ein Todtenkäfer (Blaps) selbst fünf Tage. Der Unterschied wird noch beträchtlicher, sobald wir dabei das Volumen des Körpers berücksichtigen. Hiernach müßte bei sonst gleichen Verhältnissen die Biene am längsten leben. Die beobachteten Verschiedenheiten kommen übrigens wohl vornehmlich auf Rechnung der verschiedenen Energie und Art der Bewegung, die wir im Allgemeinen gewiß als ein, wenngleich sehr rohes, Maaß für den Stoffwechsel (das Athmungsbedürfniß) nehmen können.

Luftlöcher — ein Paar an jedem zweiten Ringe —, die Arachniden die kleinste. Bei den Scorpionen sehen wir vier Paare an den Anfangsringen des Abdomen, bei den übrigen Spinnen hier nur zwei und außerdem noch ein drittes unpaares Luftloch an sehr versteckter Stelle vor den Spinnwarzen. In der Regel liegen die Luftlöcher in der dünnen Verbindungshaut zwischen zwei Ringen, doch rücken sie auch häufig von da in die Segmente selbst hinein. Ebenso verlassen sie bisweilen die Seitentheile der Ringe, um die dorsale (Käfer) oder ventrale Fläche (Spinnen) einzunehmen. Die Luftröhren, die aus den Stigmata entspringen, bestehen aus einem einfachen weiten Stamme, der gewöhnlich sehr bald in ein Büschel engerer Zweige sich auflöst. Auf solche Weise ist eine sehr ansehnliche Respirationsfläche geschaffen, wie bei den luftathmenden Wirbelthieren, jedoch nicht nach dem Bildungsprocesse der Einstülpung, sondern vielmehr der Ausstülpung, wie es hier schon wegen geringer Größenentwicklung des Körpers aus Raumersparniß sehr wünschenswerth seyn mußte. Es ist übrigens natürlich, daß die respirirende Fläche je nach den Bedürfnissen der Arthropoden eine verschiedene Ausbreitung hat. Bei den Arachniden und trägen Juliden ist dieselbe weit kleiner, als bei den Skolopendern und sechsfüßigen Insekten. In den ersteren sind die Luftröhren ohne alle Verästelungen, bald lang, so daß sie sich zwischen den einzelnen Organen verbreiten können, bald aber auch sehr kurz und dicht neben einander gelegen, so daß die einzelnen Röhren sich blattartig abplatten. Die letztere Form des Tracheensystemes (die sog. Lungen), die früher zu manchen irrthümlichen Auffassungen Veranlassung gegeben hatte, findet sich bei den Scorpionen und hinter den beiden vorderen Stigmenpaaren der echten Spinnen, wird aber schon an dem zweiten derselben nicht selten von langen unverästelten Röhren vertreten.

Fig. 171.



Anatomie der Vogelspinne (Mygale).

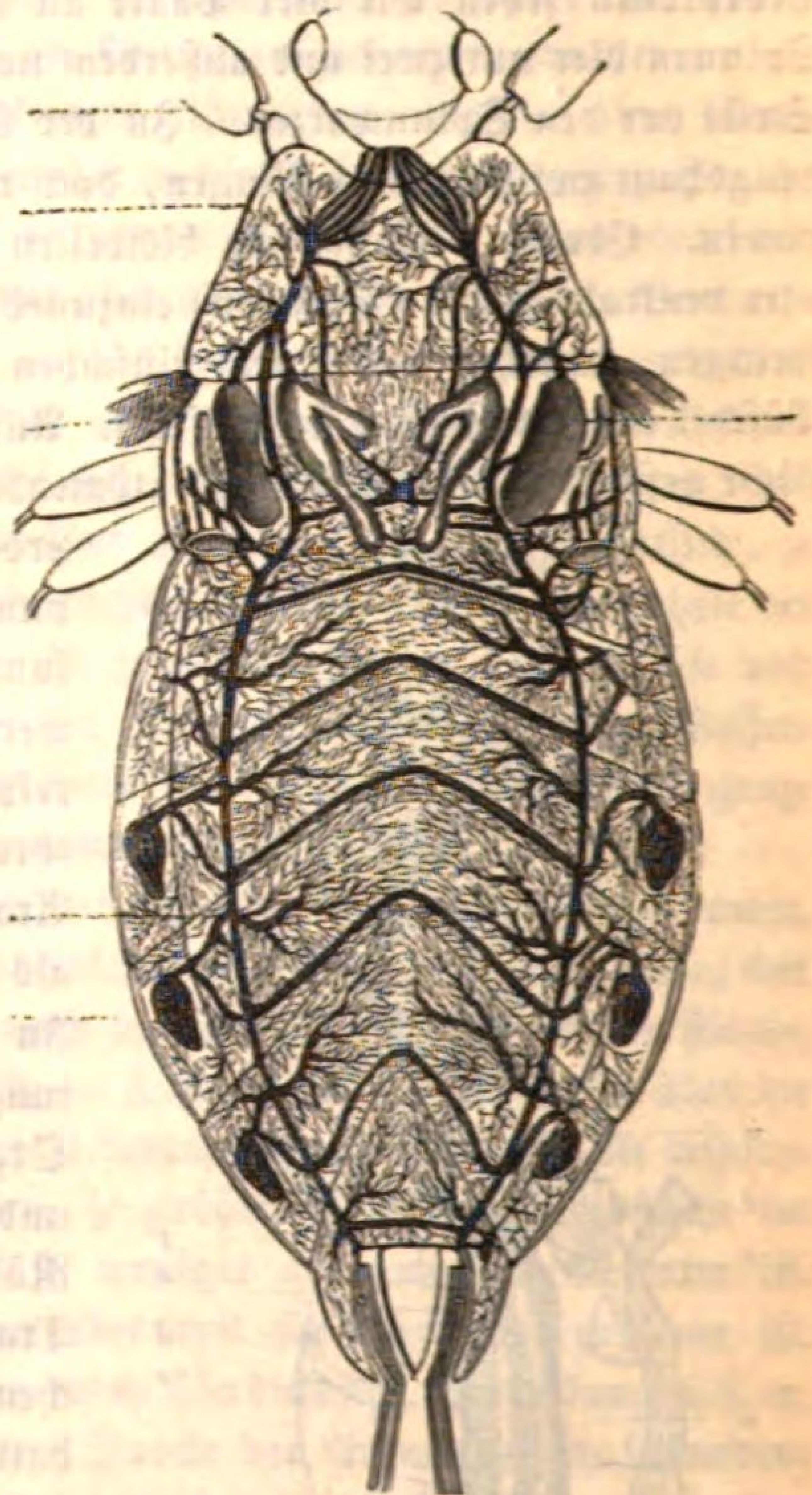
s Stigmata; l Lungentracheen.
(m Oberkiefer; an After; t Thoracalganglien mit medianer Fortsetzung a; o Eierstock; or Genitalöffnung; s Spinnwarzen.)

Die Hexapoden (so wie die Skolopenderen und selbst einige Milben) besitzen eine viel beträchtlichere Respirationsfläche, als auf diesem Wege, durch einfache Verlängerung der Luftröhren, gewonnen werden konnte. Die Tracheen derselben (Fig. 172) zeigen eine fortgesetzte baumartige Verästelung, indem die größeren Stämme in immer kleinere Zweige sich auflösen. Dadurch nun wird es möglich, daß die Luftröhren sich weit gleichmäßiger durch den ganzen Körper verbreiten, daß sie ferner durch verbindende Anastomose in ein zusammenhängendes System von Röhren verschmelzen können. Die Hauptanastomosen der einzelnen Luftröhren sind seitliche Längsstämme, die sehr bald nach dem Ursprung aus den Stigmata abgehen und häufig eine sehr ansehnliche Weite haben, eine größere mitunter als alle übrigen Tracheen. Wie diese Längsstämme vornehmlich die Luftröhren der einen Körperhälfte verbinden, ebenso finden sich auch gewöhnlich bogenförmige Querstämme in den einzelnen Segmenten, um eine Vereinigung zwischen den Tracheen der beiden Körperhälften herzustellen.

Wenn wir nun sehen, wie durch solche Anordnung die Entwicklung des Tracheensystemes ihren Höhepunkt in der Klasse der sechsfüßigen Insekten erreicht, so werden wir darin gewiß einen innigen Zusammenhang mit der Lebensweise, besonders mit dem Flugvermögen vermuthen dürfen. Während auf der einen Seite der mit den locomotorischen Leistungen gehobene Stoffwechsel dieser Arthropoden eine beträchtlichere Zufuhr von atmosphärischer Luft verlangte, mußte auf der andern Seite zum Zwecke der Flugbewegungen eine möglichst

gleichmäßige Vertheilung der Luftröhren und Verringerung des specifischen Gewichtes nothwendig erscheinen. Und diesen beiden Anforderungen ist durch die Entwicklung des pneumatischen Apparates bei den Hexapoden eben so vollständig Genüge geleistet, wie bei den Vögeln. Zur Verminderung des specifischen Gewichtes sind die Tracheenäste überdieß noch häufig mit zahlreichen bläschen- oder beutelförmigen Erweiterungen versehen, deren Entwicklung und Menge in geradem Verhältniß zu dem Flugvermögen steht, bei den Fliegen, Bienen und Schmetterlingen am größten ist. Den ungeflügelten Insekten und Larven fehlen diese Luftsäcke. Ebenso auch einigen geflügelten Insekten, die dann entweder nur sehr schwerfällig durch Hülfe ihrer Flugapparate sich bewegen, oder eine geringe Körpergröße besitzen.

Fig. 172.



Tracheensystem von Nepa cinerea.

Der **Mechanismus der Respiration** hat bei den luftathmenden Insekten große Analogie mit dem der höheren Wirbelthiere. In beiden Fällen sind es die Bewegungen der äußeren Körperwandungen, welche den Eintritt und Austritt der atmosphärischen Luft hervorrufen und reguliren. Nur darin findet sich ein Unterschied (der in der verschiedenen Anordnung von Skelet und Muskeln begründet ist), daß die activen Athmungsbewegungen bei den Insekten nicht eine Erweiterung der die Respirationsorgane umschließenden Körperwandungen hervorrufen, sondern eine Verengerung. Der Effect ist darum auch nicht ein Eintritt von Luft in die respiratorischen Apparate, sondern ein Austritt, wegen des Druckes der anliegenden Körpertheile. Sobald aber die Contraction des Körpers und der dadurch bedingte Druck aufhört, erlangen die Tracheen durch die Elasticität der eigenen und der Körperwandungen wiederum ihre gewöhnliche Weite, wobei dann die Luft durch die Stigmata in sie hineinströmt. Die Elasticität der Tracheenwandung ist somit für den Respirationsproceß der luftathmenden Arthropoden von größter Bedeutung. Darum ist auch in dem ganzen Bau hierauf vorzügliche Rücksicht genommen worden. Nicht bloß, daß dieselben von einer festen Chitinmembran gebildet sind, wie die äußeren Bedeckungen; auch der Umstand beweist dieses, daß ihre Wandungen von den dichten Spiralwindungen eines eng anliegenden Fadens umgeben sind, der gleichfalls aus Chitin besteht und einem jeden äußern Druck den höchsten Grad von Elasticität entgegensetzt. Die äußerste Haut der Tracheen, ein zellgewebsartiger Ueberzug, dient zur Befestigung des Spiralfadens und zur Verbindung der Tracheen mit den übrigen Organen.

Fig. 173.



Luftröhre eines Insekts mit Spiralfaden.

In den Luftsäcken der Insekten fehlt ein regelmäßig entwickelter Spiralfaden. Ebenso in den äußersten sehr zarten Endigungen der Tracheen, wie in den unverzweigten Luftröhren der Arachniden und Juliden. Indem wir sehen, daß die Anwesenheit des Spiralfadens sich bloß auf diejenigen Insekten beschränkt, deren Luftröhren zu einem gemeinschaftlichen System unter sich zusammenhängen, werden wir noch auf einen andern physiologischen

Nutzen desselben hingewiesen, auf die davon abhängige gleichmäßige Vertheilung des Spannungsgrades in dem gesammten Systeme. Sobald an irgend einer Stelle des Körpers jetzt ein Druck auf die Tracheen ausgeübt wird, muß sich dieser durch den ganzen Körper vertheilen. Es leuchtet ein, wie wichtig dieses Verhältniß bei den complicirteren Luftröhren sey, namentlich für die fliegenden Insekten, indem mit einer ungleichen Vertheilung der Luft im Körper auch sogleich eine ungleiche Vertheilung des Gewichtes verbunden seyn würde. Da überdieß der Spiralfaden allein die Anastomosen der einzelnen Luftröhren ausgespannt und offen erhält, ergibt sich die Nothwendigkeit dieses Gebildes auch schon aus der anatomischen Anordnung des Systemes.

Die Abwesenheit des Spiralfadens kann natürlich nur auf Kosten der Elasticität statthaben. Jedoch wird in den meisten Fällen auch eine einfache Chitinröhre noch immer elastisch genug seyn, in ihre ursprüngliche Form bei der Hinwegnahme eines äußern Druckes zurückzukehren. Am wenigsten vollkommen möchte solches vielleicht in den sog. Lungen der Arachniden geschehen; doch hier sind auch noch besondere an die äußere Fläche sich festsetzende Muskeln vorhanden, deren Contraction eine Erweiterung der Luftröhren zur Folge hat. Eine vollständige Entleerung der Tracheen bei der Exspiration findet übrigens in den luftathmenden Arthropoden ebenso wenig Statt, als in den luftathmenden Wirbelthieren. Wir könnten in dieser Hinsicht nur das wiederholen, was früher schon angemerkt ist, und begnügen uns deßhalb mit einer einfachen Erwähnung. Die Respirationsbewegungen beschränken sich bei dem gewöhnlichen ruhigen Athmen auf das Abdomen, dessen Ringe wegen minder großer Festigkeit sich leicht zusammendrücken lassen. Aus diesem Grunde sind die Stigmata des Abdomen auch wohl constanter, als die des Thorax. Die Respirationsbewegungen, die sich sehr deutlich, namentlich bei den Heuschrecken, beobachten lassen (auch bei Käfern nach Entfernung der Flügeldecken), erscheinen als abwechselnde Zusammenziehungen und Erweiterungen, durch welche das Abdomen in Länge und Höhe bald abnimmt, bald wächst. Sie erfolgen in bestimmtem Rhythmus, bei den Heuschrecken etwa 50 Mal in der Minute, bei dem Hirschkäfer etwa 25 Mal. Die Athembewegungen der Larven finden noch ein Supplement in den gewöhnlichen locomotorischen Bewegungen, wenigstens da, wo sich das Abdomen hierbei betheiligt. Während des Puppenschlafes fehlen besondere rhythmische Athembewegungen. Die Schwingungen des Körpers, wie man sie z. B. bei den Puppen*) der Schmetterlinge beobachtet, werden dieselben hinreichend ersetzen.

Der Durchtritt der Luft durch die Stigmen in Folge aller dieser Bewegungen ist dem Einfluß eines besondern regulatorischen Apparates unterworfen, der nur in wenigen Fällen vollkommen zu fehlen scheint. Dann bilden die Stigmen einen einfachen Querschlitz, beständig klaffend und offen für die durchtretenden Gase. In anderen Fällen (Arachniden) können die lippenförmigen Ränder durch einen besondern kleinen Muskel einander genähert werden. Noch häufiger ist es, daß sich am Anfangstheil der Tracheen ein zierlicher Muskelapparat entwickelt, der an eingelagerten Hornstückchen sich festsetzt und die Communication mit den Luftlöchern unterbrechen kann. Zur Abwehr fremder Körper, zum Schutz vor Staub, Wasser und dergl. sind die Lippenränder der Stigmata sehr gewöhnlich mit einfachen oder gefiederten Haaren besetzt und etwas trichterförmig nach innen gezogen, während in ihrem Umkreis ein fester horniger Ring (peritrema) sich ausspannt.

Bei den schmarotzenden Insektenlarven, die im Innern anderer Thiere leben, ist die Anordnung der Respirationsorgane, wie bei den übrigen luftathmenden Insekten. Sie besitzen Tracheen und Stigmata, welche letztere sich aber bei den parasitischen Dipteren (wie

*) Es ist unrichtig, wenn man angibt, daß die Puppe der Insekten nicht athmete. Ihre Stigmen sind offen; es sind überhaupt alle physikalische Bedingungen der Respiration vorhanden. Die Puppen sterben, wenn man sie längere Zeit unter Wasser und Oel aufbewahrt, mit Firniß überzieht u. s. w. Der plastische Prozeß unter der Puppenhülle wird von chemischen Veränderungen begleitet seyn, die ohne Zuthun des Sauerstoffes schwerlich geschehen können. Dasselbe weiß man vom Embryo im Hühnerei.

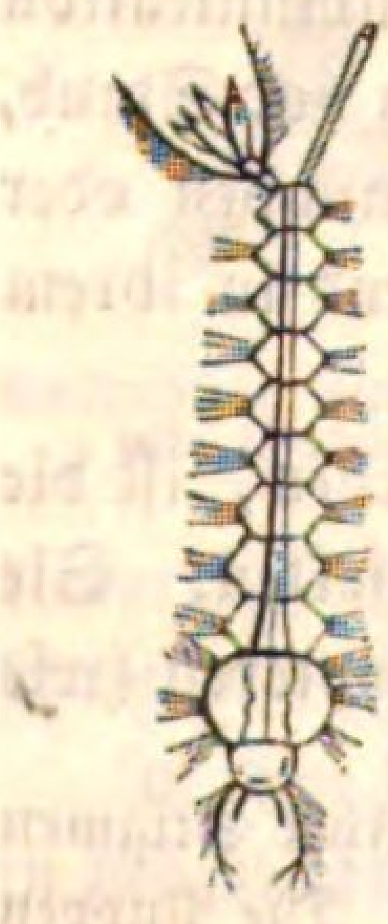
auch vielen anderen frei lebenden Larven dieser Gruppe mit beschränkter Bewegung und Aufenthalt in luftarmen Räumen und Massen) nur auf ein einziges an dem hintern Körperende gelegenes Paar sich beschränken. Die Luft, die diese Thiere athmen, entnehmen sie gewöhnlich unmittelbar von außen. Am einfachsten ist dieses dann, wenn die Wohnorte derselben eine nach außen führende Oeffnung besitzen, wie die Beulen unter der Haut der Wirbelthiere, in denen Oestruslarven leben, oder die Nebenhöhlen der Nase, oder selbst der Magen, in den bei dem Niederschlucken ja gleichfalls Luft hinein gelangt. Jedoch nicht alle bewohnen solche günstige Localitäten. Eine Anzahl parasitischer Insektenlarven findet sich z. B. in der Leibeshöhle anderer Insekten. Damit diese athmen können, bedarf es der Herstellung einer künstlichen Communication. So athmen die Larven der Tachinen, wie ich mehrfach beobachtete, indem sie ihre Hinterleibsspitze mit den Luftlöchern durch eine kleine Oeffnung der Haut hervorstrecken, so die Larven der Ichneumoniden, indem sie das Tracheensystem ihrer Wirthe anbohren. Auch die im Wasser lebenden Insekten und Insektenlarven sind in der Regel auf direkte Luftathmung angewiesen. Doch finden sich hier gewöhnlich noch besondere Vorrichtungen, welche einen längern Aufenthalt in der Tiefe gestatten. Die einen dieser Thiere tragen eine größere Menge atmosphärischer Luft mit sich umher (bald unter den Flügeldecken, bald im Umkreis des Abdomen zwischen einer Haarbekleidung), durch welche die Respirationsorgane eine Zeitlang, wie von der Luft einer Taucherglocke, gespeist werden. Bedarf diese Luftschicht der Erneuerung, dann wird sie ganz einfach durch irgend einen Körpertheil (Afterspitze, Antenne) eine Zeitlang mit der atmosphärischen Luft in Verbindung gesetzt. Sehr häufig stehen die Luftlöcher dieser Thiere aber auch mit besonderen röhrenförmigen Apparaten (Athemröhren, siphones) in Verbindung, deren Spitze zum Zweck der Respiration über den Spiegel des Wassers emporgehoben wird, ohne daß der übrige Leib das Wasser verließe. Bei der Anwesenheit solcher Anhänge ist die Zahl der Stigmata beständig bis auf ein Paar verringert. Unter den ausgebildeten Wasserinsekten ist diese Anordnung nur selten, wohl deßhalb, weil der Unterflügeldeckenraum sich so gut zur Aufnahme von Luft eignet, und die Entwicklung der locomotiven Anhänge ein schnelles und leichtes Aufsteigen zum Wasserspiegel gestattet. Sie findet sich hier nur bei Nepa, die an den Ufern unserer Teiche und in seichten Gräben sich aufhält. Bei diesem Thier trägt die Hinterleibsspitze einen langen und dünnen Cylinder, der aus zwei einander dicht anliegenden Halbrinnen besteht und an seinem Grunde die Stigmata aufnimmt. Aehnlich ist es bei den Larven von Eristalis, dessen Athemrohr als eine unmittelbare Verlängerung des Körperendes angesehen werden muß und auf der Spitze die Luftlöcher trägt. In anderen Fällen sind die Athemröhren auch am vordern Körperende oder an dem Thorax angebracht, wie z. B. bei den Larven der Simulia, den Puppen von Culex u. s. w. Sind die mit Athemröhren versehenen Insektenlarven klein und leichter beweglich, dann tragen sie wohl, wie z. B. die Mückenlarven, am Rande des Athemrohres einen Kranz von steifen strahlenförmigen Borsten, mit dessen Hülfe sie sich an der Oberfläche des Wassers anhängen können. Statt der seichten Gewässer bewohnen solche Thiere dann die Tiefe.

Fig. 174.



Nepa cinerea.

Fig. 175.



Larve von Culex pipiens.

Interessanter Weise gibt es nun aber auch eine Anzahl von Wasserinsekten, denen bei der Abwesenheit besonderer äußerer Stigmata eine direkte Luftathmung unmöglich ist, die aber dennoch im Innern einen vollständigen Tracheenapparat besitzen. Die physikalischen Vorgänge einer solchen Respiration sind complicirter, als wir sie sonst irgendwo antreffen. Während wir in den übrigen Thieren bei dem Proceß der Athmung zunächst immer nur zwei

auf einander wirkende Flüssigkeiten vorfinden, Blut und Luft, oder Blut und Wasser, haben wir hier deren drei, Blut, Luft und Wasser, die alle drei in einem beständigen gegenseitigen Gasaustausch stehen. Trotzdem aber sind die physikalischen Bedingungen des Athmens hier in keinerlei Weise verändert. Die im Innern eingeschlossene Luft, die Kohlensäure enthält, wird dieselbe gegen Sauerstoff nach außen, an das Wasser, abgeben, um diesen in den einzelnen Theilen des Körpers gegen neue Kohlensäure einzutauschen. Es leidet wohl kaum einen Zweifel, daß ein solcher Gasaustausch auch schon bei den übrigen wasserbewohnenden Insekten, die Stigmata besitzen, vorkommt, wenn er hier auch, wegen einer ungünstigern Anordnung (Dicke u. s. w.) der äußeren Bedeckungen, vielleicht minder energisch ist und allein zur Befriedigung der respiratorischen Bedürfnisse nicht hinreichen würde. Es mögen sich in dieser Hinsicht übrigens auch mancherlei Verschiedenheiten finden. So mag z. B. diese Respiration bei den Wassermilben, die sehr kleine Stigmata und eine zarte Haut besitzen, unter der eine große Menge von Tracheen sich verbreitet, wohl weit bedeutender seyn, als bei den Wasserkäfern mit festem Skelet und Luftraum unter den Flügeldecken u. s. w.

Wo eine direkte Luftathmung durch den Mangel der Stigmata unmöglich geworden ist (ein Umstand, der wohl in den Besonderheiten der Lebensweise — beständigem Aufenthalt in der Tiefe des Wassers u. s. w. — seine Begründung finden wird), da sind die äußeren Bedeckungen gewöhnlich zum Zweck solcher Respiration noch in besonderer Weise eingerichtet. Es finden sich dann eigene sehr zarthäutige Anhänge am Körper, in denen die Tracheen sich verästeln, förmliche **Kiemen**, durch deren Hülfe der Gasaustausch vor sich geht. Form und Lage dieser Gebilde sind sehr verschieden. Bei den Larven der Eintagsfliege (Fig. 176) stehen sie als federförmige Anhänge an den Seiten der einzelnen Abdominalsegmente und der Hinterleibsspitze. Die Larven der Phryganeen besitzen lanzettförmige Kiemen an den Segmenten des Bauches, die von Agrion an dem äußersten Ende des Leibes. In den Larven von Aeschna und Libellula erscheinen dieselben sogar als zahlreiche schuppenförmige Querblättchen auf der Chitinhaut des Mastdarmes.

Fig. 176.



Larve von Ephemera.

Der Wasserwechsel im Umkreis dieser Kiemen geschieht auf verschiedene Weise. Sind sie äußere Anhänge, so machen sie beständige schwingende Bewegungen, die auch für die Locomotion nicht ohne Bedeutung sind. Die Larven der Libellen mit Mastdarmkiemen sind durch eine besondere Muskeleinrichtung befähigt, den Mastdarm zu erweitern und Wasser darin aufzunehmen, welches dann durch eine Contraction wiederum nach außen ausgestoßen wird. Damit nicht fremde Körper eindringen, findet sich im Umkreis des Afters eine doppelte Reihe von je drei beweglichen Fortsätzen. Ob übrigens alle Insekten mit solcher Respiration Kiemen tragen, müssen wir einstweilen unentschieden lassen. In vielen Fällen (namentlich bei Mückenlarven, unter den Käfern bei der Larve von Gyrinus, unter den Schmetterlingen bei der Larve von Botys) finden sich freilich noch äußere haarförmige Anhänge, die büschelförmig am Thorax oder Hinterleibsende stehen, oder auch über einen größeren Theil des Körpers sich verbreiten, indessen ist es noch zweifelhaft, ob sich die Tracheen in dieselben hinein erstrecken. Die meisten hieher gehörenden Insekten sind Larven. Sind die Puppen derselben beweglich, so respiriren diese in gleicher Weise, während sie im andern Falle Athemröhren mit Luftlöchern besitzen. Wir kennen selbst einzelne Formen, bei denen sich solche Respiration ausschließlich auf den Puppenzustand beschränkt. Von ausgebildeten Insekten ist nur, soweit wir bis jetzt wissen, eine einzige Art, ein Neuropteron, Pteranarcys, mit Kiemen ausgestattet, die, als borstenförmige Anhänge, am Thorax und ersten Abdominalsegmente stehen, aber gleichzeitig neben Stigmata vorkommen.

Wenn wir oben die **Krebse** wegen des Mangels der Luftgefäße im Innern des Körpers den übrigen Arthropoden entgegengesetzt haben, so bedarf dieses jetzt einer Beschränkung. Allerdings athmen dieselben wohl ohne Ausnahme, gleich den niederen Wirbelthieren, durch

direkten endosmotischen Verkehr zwischen Blut und umgebendem Wasser, der gewöhnlich in besonderen Kiemen vor sich geht, allein es gibt unter ihnen auch eine kleine Gruppe von Thieren, die Landasseln, in denen wir wirkliche innere Luftbehälter antreffen. Sie sind geweihartig verzweigte Röhren, die sich knäuelförmig zusammenrollen, aber nur auf einen sehr kleinen Raum des Körpers (die Decklamellen der Kiemenblättchen) sich beschränken. Eine Ausmündung nach außen konnten wir nicht auffinden. Wir müssen deßhalb annehmen, daß sie vollständig geschlossen seyen, wie das Tracheensystem der eben erwähnten Insektenlarven, dem wir übrigens in morphologischer Hinsicht diese Luftröhren keineswegs vergleichen dürfen. Es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, daß die Anwesenheit dieses Apparates mit dem Landaufenthalte der Asseln teleologisch zusammenhängt, obgleich wir über das Verhalten der eingeschlossenen Luft zu der umgebenden Atmosphäre noch Nichts wissen. Namentlich ist es unbekannt, ob diese Luft aus dem Wasser, welches die feuchten Wohnplätze der Landasseln durchdringt, abgeschieden wird. In den übrigen Crustaceen findet sich eine ausschließliche Wasserrespiration, auch in denjenigen Arten, die, wie z. B. die sogenannten Landkrabben, längere Zeit das Wasser verlassen. Um solche Lebensweise zu ermöglichen, sind noch besondere Vorrichtungen getroffen, wie bei manchen Fischen, die theils das Wasser an den Respirationsorganen zurückhalten, theils auch das Zusammenfallen der Kiemen verhindern. Die meisten Krebse besitzen nämlich **Kiemen**, die wohl deßhalb nöthig sind, weil die äußeren Bedeckungen im Verhältniß zum Körpervolumen keine große Fläche bilden und überdieß gewöhnlich in beträchtlicher Ausdehnung auf Kosten ihrer respiratorischen Befähigung zu einer festen, schützenden Hülle erstarrt sind. Nach Lage und Anordnung sind diese Kiemen aber sehr verschieden. Bald sind sie an der Dorsalfläche des Körpers befestigt, wie die Flügel der Hexapoden, bald an der Ventralfläche, wie die Gehwerkzeuge, mit denen sie dann auch zu derselben morphologischen Gruppe von Organen gehören.

Fig. 177.

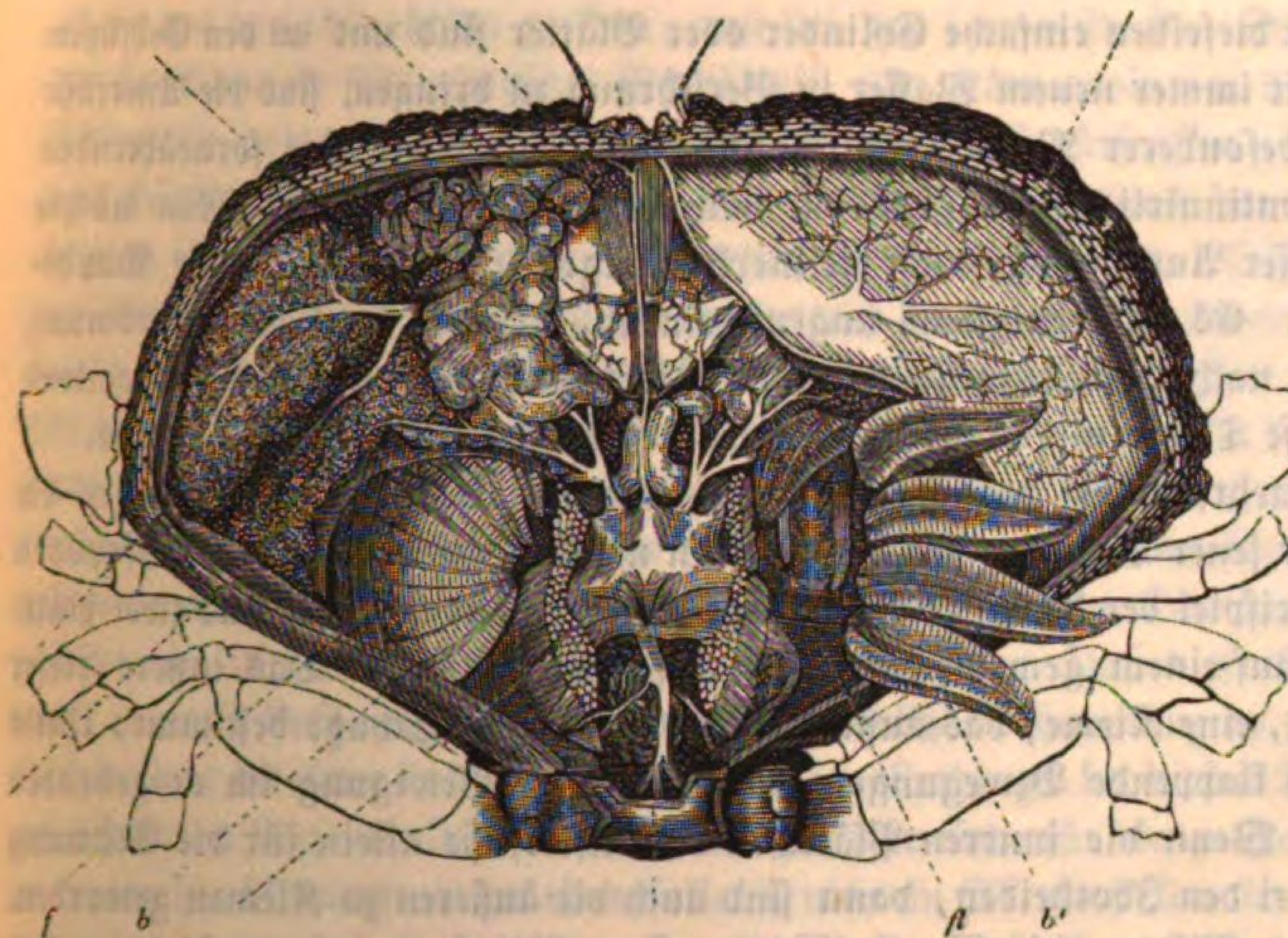


Querdurchschnitt eines zehnfüßigen Krebses.
p Extremitäten; b Kiemen.

Die erstere Anordnung sehen wir bei den Decapoden, deren Kiemen als paarige Anhänge an den Seitentheilen des Körpers oberhalb der Locomotionsorgane und der Beikiefer liegen, auch mitunter bis auf die Basalglieder dieser Extremitäten hinabrücken. Die vorderen Kiemen, die den Beikiefern entsprechen, sind die kleinsten. Die Kiemen der kurzgeschwänzten Krabben (Fig. 178) haben von allen den complicirtesten Bau (die größte Oberfläche), wohl deßhalb, weil sie die einzigen Respirationsorgane vorstellen, während in den übrigen Arten auch noch die Afterfüße des Abdomen in gleicher Weise fungiren. Sie sind von pyramidaler Form und bestehen aus einem centralen Stamm, an welchem zwei seitliche Reihen von dichten Querblättchen befestigt sind, wie die Strahlen einer Federfahne. In den Langschwänzigen haben diese Anhänge die Gestalt von cylindrischen Fäden. Sie stehen seltner und besitzen eine minder große Contactfläche mit dem Wasser, obgleich in einzelnen Fällen (wie bei dem gew. Flußkrebs) ihre Schäfte mehrfach gespalten erscheinen.

In den ausgebildeten Decapoden sind diese Kiemen in einer besondern Höhle eingeschlossen. Nur eine einzige Art, Thysanopoda, macht eine Ausnahme. Hier sind die Kiemen als freie Anhänge des Leibes äußerlich sichtbar. Ebenso ist es bei den übrigen Decapoden während der Fötalperiode. Späterhin werden sie jedoch von den Seitenrändern des Rückenschildes, wie von einem **Kiemendeckel**, überwölbt. Indem nun dieser Kiemendeckel sich mit seinem untern Rande fest an die äußeren Seitenbedeckungen des Körpers anlegt, bleiben zu den Kiemen nur zwei Zugänge, ein vorderer, der neben den Kiefern gelegen ist, und ein hinterer. Der letztere ist bei den langschwänzigen Arten eine weit klaffende Spalte an der Basis der Füße, bei den kurzschwänzigen dagegen weit beschränkter, eine kleine quere Oeffnung vor dem ersten Fußpaare. Durch solche Einrichtung sind die Decapoden befähigt, eine längere

Fig. 178.



Anatomie der Krabbe.

b Kiemen der linken Seite, in situ;
b' Kiemen d. rechten Seite, zum Theil zurückgeschlagen;
fl Boden d. Kiemenhöhle;
f Flagellum.

Zeit außerhalb des Wassers zuzubringen, so lange nämlich, als die Spalten der Kiemenhöhle im Innern das Wasser zurückhalten. Und dieses wird im Allgemeinen um so länger geschehen, je kleiner dieselben sind. Daher kommt es, daß die Krabben weit länger auf dem Trocknen leben können, als die langschwänzigen Arten. Wir finden unter ihnen selbst einzelne Formen, die in dieser Hinsicht so sehr sich auszeichnen, daß man sie Landkrabben benennen konnte, Birgus, Gecarcinus u. s. w. Damit aber bei diesen das Wasser noch länger bleibe, sind an den inneren Wänden der Kiemenhöhle noch besondere zellenartige Hohlräume entwickelt, die ein förmliches spongiöses Gebilde darstellen, in dem man früher sogar ein eigenes lungenartiges Organ sehen wollte. Dazu kommt, was man erst kürzlich bei Gecarcinus entdeckt hat, was aber auch wohl den übrigen sog. Landkrabben zukommen möchte, daß sich zwischen den einzelnen Blättern der Kiemen noch besondere harte Fortsätze finden, die im Fall des gänzlichen Wassermangels ein Zusammenkleben derselben und eine dadurch sonst nothwendig herbeigeführte Hemmung der Circulation verhindern.

Die Strömung des Wassers durch die Kiemenhöhle der Decapoden geschieht keineswegs gleichgültig in dieser oder jener Richtung, sondern, übereinstimmend mit der Schreitbewegung dieser Thiere, von hinten nach vorn. Um diese Regelmäßigkeit trotz der starren Wandungen der Kiemenhöhle möglich zu machen, sind besondere Vorrichtungen getroffen. So trägt das zweite Unterkieferpaar einen plattenförmigen Fortsatz, der, je nach den Bedürfnissen, die vordere Kiemenöffnung auf- oder zuschließt. In das Innere der Kiemenhöhle ragen außerdem noch besondere lange Anhänge (Flagella) hinein, die in größerer oder geringerer Zahl den Extremitäten aufsitzen und durch ihre beständigen schwingenden Bewegungen eine regelmäßige Strömung unterhalten.

Es ist oben erwähnt worden, daß bei den langschwänzigen Decapoden sich auch die Afterfüße des Postabdomen bei der Respiration betheiligen. Daß dem so sey, sieht man namentlich sehr deutlich bei Callianidea, wo diese Anhänge eine eigene, dem Zwecke der Athmung entsprechende Umformung erlitten haben, indem sie in eine Menge verästelter Fäden auslaufen. Bei den übrigen Langschwänzen mag die respiratorische Bedeutung der Afterfüße allerdings in manchfacher Weise verschieden seyn, doch glauben wir einigen Einfluß denselben überall um so eher vindiciren zu müssen, als sie durch ihre beständigen schwingenden Bewegungen einen fortwährenden Wechsel des umgebenden Wassers hervorrufen.

Die Kiemen der Stomatopoden sind cylindrische, mehr oder weniger verästelte Fäden, die mit einem gemeinsamen Stamme auf den zu Schwimmfüßen umgewandelten Anhängen des Postabdomen aufsitzen und frei im Wasser flottiren. Aehnlich bei den Amphipoden (und

Lämodipoden), nur daß dieselben einfache Cylinder oder Blätter sind und an den Gehfüßen sitzen. Um dieselben mit immer neuem Wasser in Berührung zu bringen, sind die Afterfüße des Postabdomen in besonderer Weise gestaltet und geschickt, durch ihre fortwährenden Schwingungen einen continuirlichen Wasserstrom nach vorn zu unterhalten. Man möchte vermuthen, daß mit dieser Anordnung auch die merkwürdige Bewegungsweise der Amphipoden zusammenhänge. Es ist wenigstens augenscheinlich, daß der durch diese Strömung einer jeden Bewegung nach vorn entgegenstehende Widerstand am wenigsten sich geltend machen kann, wenn diese Thiere mit dem Rücken voran in einer Seitenlage schwimmen.

Wir haben schon mehrfach bei den Krebsen des Antheils erwähnen müssen, den die Afterfüße in dieser oder jener Weise an der Respiration nehmen. Die Gruppe der Isopoden liefert uns ein neues Beispiel der Art. Die Afterfüße dieser Thiere bestehen aus zwei blattartigen Plättchen, die auf einem gemeinschaftlichen Basalstück aufsitzen. Das innere dieser Plättchen ist zarthäutig, eine Kieme, das äußere fester, theils zum Schutze bestimmt, theils aber auch fähig, durch klappende Bewegungen eine beständige Bewegung im umgebenden Wasser zu produciren. Wenn die inneren Plättchen der Afterfüße allein für die Athmung nicht ausreichen, wie bei den Idotheiden, dann sind auch die äußeren zu Kiemen geworden. Um aber auch mit solcher Bildung die Vortheile der erstern Anordnung zu verbinden, sind hier an dem letzten Hinterleibssegmente zwei große Seitenstücke entwickelt, die sich nach unten umschlagen und die Kiemen bedecken. Auf solche Weise bilden sie einen sehr zweckmäßigen Schutzapparat, sind aber dabei durch ihre bewegliche Einlenkung auch zugleich zu einer beständigen Erneuerung des die Kiemen umspülenden Wassers fähig. Sonstige Anomalien in der Anordnung der Respirationsorgane werden überall in der Organisation und Lebensweise bei den betreffenden Thieren ihre Begründung finden. Wenn wir z. B. sehen, daß bei Bopyrus derartige accessorische Organe fehlen, so werden wir daran denken müssen, daß der Aufenthalt dieses Thieres in der Kiemenhöhle der Decapoden, wo eine beständige Strömung von Wasser stattfindet und auch ein genügender Schutz vor äußeren Verletzungen geboten ist, dieselben unnöthig gemacht hat u. s. w. Ebenso mag auch bei den Landasseln die Anwesenheit der schon früher erwähnten Luftröhren in den Decklamellen der zwei ersten Hinterleibssegmente die hier fehlenden Kiemen ersetzen.

Es würde uns zu weit abführen, wenn wir auch noch die verschiedenen Bildungen der Kiemen bei den niederen Krebsen, den sog. Entomostraken, hier ausführlicher berücksichtigen wollten. Es genüge die Bemerkung, daß sie, wenn sie überhaupt vorhanden sind (bei den Phyllopoden und Pöcilopoden), als besondere Anhänge an den Grundgliedern der Schwimmfüße erscheinen, daß die Bewegungen der letzteren für die Erneuerung des Wassers ausreichen. Dabei mögen auch wohl die Füße selbst an der Respiration participiren, was in noch höherem Grade für die kiemenlosen Formen gilt. Auch andere Körpertheile verdienen in dieser Hinsicht einer Erwähnung, wie namentlich das Rückenschild, das in vielen Fällen (Mysis, Apus, Cyclops u. s. w.) durch zarte Beschaffenheit und Blutreichthum ganz besonders zum Zwecke der Respiration sich eignet.

Bei den fußlosen Parasiten müssen wir wohl die ganze äußere Körperoberfläche als Sitz des respiratorischen Gasaustausches ansehen. Ebenso vielleicht bei manchen anderen kiemenlosen Arten, wie z. B. den Pycnogoniden. Immer aber bleiben solche Fälle bei den Crustaceen aus den vorher berührten Gründen nur selten. Weit häufiger dagegen, fast als Regel, erscheint diese gleichmäßige Verbreitung des Athmungsprocesses über die ganze Fläche der Haut in der Abtheilung der Würmer. Schon die Beschaffenheit der Integumente ist hier einer derartigen Anordnung sehr günstig. Die starre Rigidität der Chitinmembranen, die den Panzer der Arthropoden bildeten, ist nicht mehr vorhanden. Die Haut ist fast beständig dünn und biegsam und zu einem endosmotischen Durchtritt der Gase sehr geeignet. Gewiß wird diese Haut auch da einen großen Antheil an der Respiration behalten, wo sich zum Zwecke der Athmung auf ihr noch besondere Anhänge entwickelt haben. Daß dieses nur selten geschieht,

scheint uns darin begründet zu seyn, daß bei der langgestreckten Cylinderform der Würmer die Hautfläche ein sehr günstiges Verhältniß zum Körpervolumen darbietet, in den meisten Fällen also wohl ohne Weiteres den respiratorischen Bedürfnissen genügen mag. An besondere Hülfsapparate der Respiration, die etwa das Wasser nach den Athmungsorganen hinleiteten, ist unter solchen Umständen natürlich nicht zu denken. Ohne weitere Thätigkeiten des Körpers vollzieht sich der Athmungsproceß an der ganzen Oberfläche, so weit die physikalischen Bedingungen desselben gegeben sind. In früherer Zeit hat man einer Anzahl Würmer (Blutegel, Regenwurm) eine direkte Aufnahme von Luft in den Körper zugeschrieben. Noch heute geschieht dieß von manchen Seiten, obgleich die ganze Annahme auf einer irrthümlichen Deutung gewisser im Innern des Körpers zu den Seiten des Nervenstranges gelegener Organe (die wir schon früher als absondernde Drüsen kennen gelernt haben) gestützt ist, indem man dieselben für Luftsäcke hielt. Daß diese Gebilde, wie man jetzt weiß, niemals Luft enthalten, ist hinreichend, solche Behauptung zu widerlegen. Die Möglichkeit einer direkten Luftathmung wird man allerdings bei diesen Thieren, wenn sie ihren gewöhnlichen Aufenthalt im Wasser oder feuchter Erde für einige Zeit verlassen haben (was auch einzelne Planarienarten thun sollen), nicht in Abrede stellen können, allein es ist hier, wie bei der indirekten Luftathmung im Wasser, nur die Haut, die diesem Processe vorsteht. Wegen ihrer feuchten Beschaffenheit wird dieselbe wenigstens dem Austausch der auf beiden Flächen vorbeistreichenden Gase kein physikalisches Hinderniß bieten. Daß aber solche Athmung, für die genannten Thiere wenigstens, auf längere Zeit ausreichen sollte, steht zu bezweifeln, da sie meist ziemlich bald nach völliger Entfernung aus ihren gewöhnlichen Aufenthaltsorten sterben.

Einer besondern Erwähnung bedarf auch noch die Respiration der Eingeweidewürmer. Man findet nicht selten die Behauptung ausgesprochen, daß diese Thiere keiner Athmung bedürften, weil ihre Nahrungsmittel, die thierischen Säfte, bereits hinreichend mit Sauerstoff imprägnirt seyen. Selbst wenn wir das Letztere ohne Weiteres annehmen wollten, müssen wir doch das Ganze um so mehr in Abrede stellen, als ja die Respiration nicht einseitig in der Aufnahme von Sauerstoff besteht, sondern auch in der Abscheidung der durch die Lebensprocesse gebildeten Kohlensäure. Diese beiden Vorgänge geschehen überall da, wo die Möglichkeit derselben nach physikalischen Gesetzen gegeben ist. Und so ist es auch bei den Helminthen. In ihrem Innern besitzen sie eine beständige Quelle von Kohlensäure, während sie im Umkreis ihres Körpers eine hinreichende Menge von Sauerstoff vorfinden. Die Säfte, die sie umspülen, die Gewebe, in denen sie leben, sind damit versehen. Wie wir jetzt wissen, wird ja nicht ausschließlich im Blute, nicht einmal vorzugsweise, der beim Athmen eingeführte Sauerstoff verbraucht, die Kohlensäure gebildet, sondern im Parenchym des Körpers. Die parenchymatöse Diffusion der Gase ist für die Respiration von ebenso großer Bedeutung, als die äußere Abscheidung der Kohlensäure, die äußere Aufnahme von Sauerstoff. Diese letzteren sind bloß die Schlußglieder einer größern Kette von Vorgängen, die nur weil sie unserer unmittelbaren Beobachtung zugänglich sind, am meisten in die Augen springen. Wir können mit vollstem Recht sagen, daß eigentlich ein jeder Theil, ein jedes Volumen eines Thieres athme — und ebenso athmen auch die Eingeweidewürmer. Sie verhalten sich in dieser Beziehung wie ein integrirendes Element desjenigen Körpers, in welchem sie als Parasiten leben. Vielleicht machen hiervon aber diejenigen Arten eine Ausnahme, die im Darmkanal, noch mehr diejenigen, welche in den Lungen, Stirnhöhlen oder sonst in Organen sich aufhalten, die nach außen geöffnet sind und den Eintritt der atmosphärischen Luft gestatten. Bei diesen ist wenigstens, wie bei den Regenwürmern u. s. w., noch die Möglichkeit einer direkten Luftathmung vorhanden. — In allen Fällen sind übrigens die Eingeweidewürmer, gleich Blutegeln und Regenwürmern, ohne besondere Athmungsorgane. Ebenso die Strudelwürmer, deren äußere Haut einen Flimmerüberzug trägt, zur Bewegung, wie zur beständigen Erneuerung des Wassers auf der athmenden Fläche.

Das Räderorgan der Rotatorien (Fig. 100) besitzt für die Respiration wohl kaum eine andere Bedeutung. Eine unmittelbare Beziehung zu diesem Proceß müssen wir demselben absprechen, weil die einzelnen Cilien desselben der Blutflüssigkeit im Innern entbehren. Anders ist es aber mit den Tentakeln der Bryozoen (Fig. 99), in deren innere Höhlung das Blut aus der Leibeshöhle hineintritt. Sie sind — abgesehen von ihrer Betheiligung bei der Nahrungsaufnahme — förmliche Kiemen, deren Anwesenheit hier um so nothwendiger wurde, als der größere Theil der Leibesfläche wegen seiner physikalischen Beschaffenheit für die Athmung vollkommen untauglich ist. Dieselbe respiratorische Bedeutung müssen wir den fadenförmigen Anhängen am Kopfe der Capitibranchiaten (Fig. 20) und den Cirren an den Segmenten der übrigen Anneliden vindiciren. Die letzteren betheiligen sich selbst schon bei manchen Kopfkiemern an dem Processe der Athmung, wie z. B. bei Hermella. Daß die Capitibranchiaten mit respiratorischen Anhängen am Kopfe ausgerüstet sind, steht mit ihrer Lebensweise im innigsten Zusammenhang. Sie sind bekanntlich in äußeren röhrenartigen Gehäusen eingeschlossen, aus denen sie meistens nur den vordern Theil des Kopfes hervorstrecken. Die beschränkte Räumlichkeit der Röhren und der davon zum Theil abhängige geringe Wasserwechsel im Innern, sind nun aber offenbar einem respiratorischen Gasaustausch durch die Haut und die Anhänge der Körpersegmente sehr wenig günstig, so daß die Entwicklung besonderer Kopfcirren sehr wünschenswerth erscheinen mußte, zumal dieselben auch für die Nahrungsaufnahme als Fangapparate als passende Gebilde sich darboten. Die übrigen Anneliden leben unter anderen Verhältnissen. Sie führen eine freie Lebensweise, die alle Theile ihres Körpers gleichmäßig der Einwirkung des umgebenden Mediums aussetzt. Bei ihnen war es nicht mehr nothwendig, die Athmungswerkzeuge auf den vordern Leibesabschnitt zu concentriren. Und unter solchen Umständen waren die Gliedfäden gewiß die passendsten Respirationsorgane, zumal ihre Verbindung mit den Fußhöckern, die bei der Locomotion in unausgesetzter Bewegung sind, die Möglichkeit eines raschen Wasserwechsels so sehr erleichtert. In manchen Fällen behalten diese Gliedfäden auch noch bei Anwesenheit einer äußern Röhre ihre respiratorische Bedeutung. Die Räumlichkeit, die physikalische Beschaffenheit derselben sind bestimmten Veränderungen zugänglich, die einen hinreichenden Wasserwechsel, eine hinreichende Entfaltung der Gliedfäden gestatten. Statt eines kalkigen und lederartigen Secretes kann Sand (Hermella) und Schlamm für den Aufbau verwendet werden, die den Durchtritt des Wassers in hinreichender Weise gestatten. Es kann der innere Raum der Röhren so wachsen, daß selbst die freiesten Bewegungen der eingeschlossenen Thiere möglich werden.

Form und Entwicklung der Gliedfäden sind sehr verschieden. Bald erscheinen sie als längere und kürzere Cylinder, bald auch als blattartige Anhänge. Sehr häufig zeichnen sich die Cirren der Rückenhöcker vor denen der Bauchhöcker durch Größe und Gestaltung aus; Verschiedenheiten, die unstreitig auf eine verschiedene functionelle Bedeutung zurückschließen lassen. Am auffallendsten ist dieses bei den Aphroditeen, bei denen etwa die Hälfte der dorsalen Gliedfäden in ansehnliche Schuppen verwandelt sind, die dem Rücken dicht anliegen und denselben decken. Bei Aphrodite aculeata ist dieser Apparat noch von einem besondern filzigen Ueberzuge überwölbt, der an seinen Rändern mit den Integumenten zusammenhängt und eine Höhle umschließt (eine förmliche Kiemenhöhle), in welche das Wasser durch besondere zwischen den Borstenfüßen gelegene Oeffnungen hineintritt. Die Erneuerung dieses Wassers geschieht bei den locomotorischen Bewegungen. In einzelnen Fällen versehen sich die Fußhöcker auch noch mit anderweitigen accessorischen Anhängen zum Zwecke der Athmung. So z. B. bei Nereis mit lanzettförmigen Blättern, die nach innen vor den Fußhöckern stehen. Solche accessorische Anhänge sind auch die vor allen anderen als Kiemen bezeichneten Gebilde, die paarweise an den einzelnen Segmenten oberhalb der Rückenfüße (Fig. 179) angebracht sind, im Ganzen aber nur einbeschränktes Vorkommen haben. Unter den frei lebenden Anneliden finden sie sich namentlich bei den Euniceen und Amphinomeen, wo

Fig. 179.



Fußhöcker mit Anhängen bei Eunice.

t die beiden zu einer gemeinsamen Masse verschmolzenen Borstenfüße; ci ventraler, c dorsaler Gliedfaden; b Kiemen.

Fig. 180.



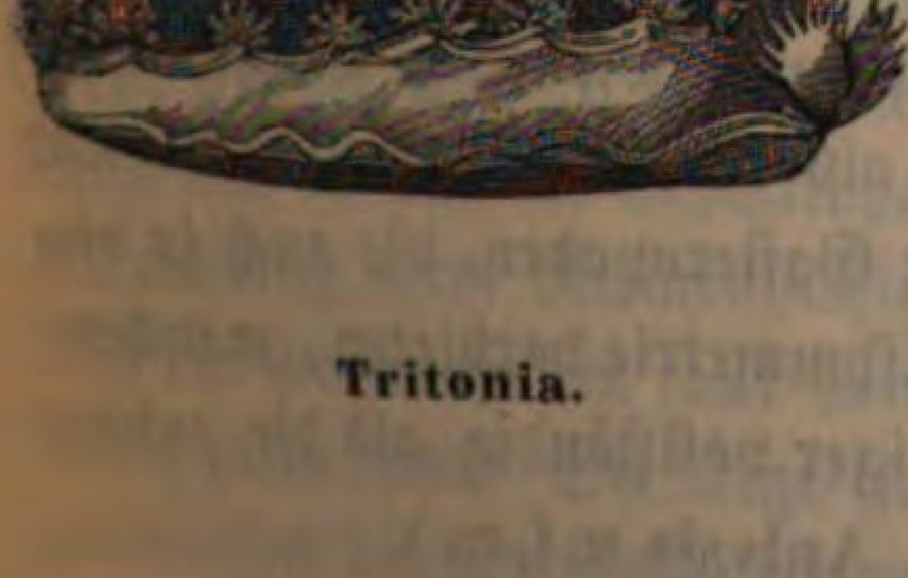
Arenicola piscatorum.

sie gleichmäßig an allen Segmenten vorkommen. Bei Arenicola (Fig. 180) sind sie bloß auf die mittleren Segmente beschränkt, bei einigen Kopfkiemern (Amphitrite, Terebella) auf wenige vordere Segmente — aus Gründen, die in der Lebensweise dieser Thiere liegen.

Diese Kiemen haben eine verschiedene Form, die nach den Gesetzen der Flächenvergrößerung durch Ausstülpung sich erklären läßt. Sie sind kammförmig, baumförmig, federförmig u. s. w. In den meisten Fällen tragen sie, wie überhaupt die als Respirationsorgane dienenden Anhänge am Körper der Würmer, ein äußeres Flimmerepithelium, zur Erneuerung des Wassers. Wo dieses fehlt, ist auf andere Weise für einen raschen Wasserwechsel gesorgt, durch Contractilität der Kiemen (Arenicola), durch Schnelligkeit der Locomotion u. s. w.

Im Gegensatz zu den Würmern sind die Mollusken fast ohne Ausnahme mit besonderen, sehr ansehnlich entwickelten Athmungswerkzeugen versehen. Bei dem äußern Bau dieser Thiere kann uns solches nicht überraschen. Nicht bloß, daß die kurze und gedrungene Leibesform die Ausdehnung der Körperoberfläche im Vergleich zu der Leibesmasse sehr gering erscheinen läßt; es ist außerdem noch gewöhnlich der größere Theil der Hautbedeckung durch seine Skeletbildung (Tunicaten) oder die Entwicklung einer äußern kalkigen Schale für die Respiration vollkommen untauglich. Die Mehrzahl der Mollusken besitzt Kiemen für eine Athmung im Wasser. Doch finden sich auch einzelne Arten, die entweder auf dem Lande leben oder das Süßwasser bewohnen, mit lungenartigen Apparaten für eine direkte Luftathmung. — Die wenigen Molluskenformen, die ohne solche besondere Respirationsorgane sind, entbehren zugleich der äußern Schale. Sie sind die sogenannten Nacktkiemer — besser Hautkiemer — (außerdem auch einige nackte Pteropoden, Clio u. s. w.) die ihre ganze Körperoberfläche dem Contact des Wassers darbieten. Die Bauchscheibe, auf der diese Thiere einherkriechen, ist allerdings nur wenig passend für einen respiratorischen Austausch. Sie ist sehr muskulös und blutarm. Indessen bleibt als respiratorisches Organ noch immer der Mantel, der auf der Rückenfläche aufsitzt und gewöhnlich mit schwingenden Cilien besetzt ist. Reicht die Fläche desselben nicht aus, so wird sie durch mancherlei Ausstülpungen vergrößert, die sich dann sehr symmetrisch über die rechte und linke Hälfte vertheilen und gewöhnlich aus büschelförmig verästelten Fäden bestehen, wie bei Glaucus, Tritonia u. s. w. Bei Doris, Polycera bilden sie einen Kranz im Umkreis des Afters.

Fig. 182.



Tritonia.

Fig. 181.



Glaucus.

Fig. 183.



Doris.

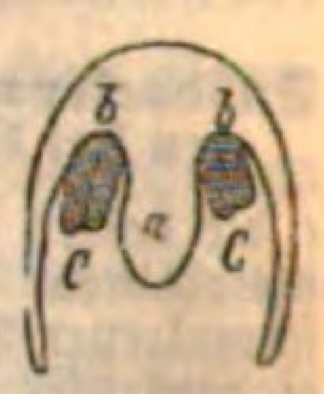
Indessen finden sich auch einfachere Formen dieser Anhänge, lanzettförmige Blätter, bei Eolidia, Tergipes u. a. — Die übrigen Mollusken entbehren dieser respiratorischen Mantelanhänge. Sie besitzen Athmungswerkzeuge von einer andern Anordnung und Lage.

Betrachten wir zunächst die eigentlichen typischen Formen der Mollusken (also ohne die Tunicaten), bei denen die Kiemen trotz aller äußern Verschiedenheit ähnlich genug sind, um in einer gemeinsamen Darstellung zusammengefaßt zu werden. Die Respirationsorgane erscheinen hier gleichsam als äußere Körperanhänge, deren typische Form wir als die Form einer Feder mit mittlerem Schaft und zweizeiliger Fahne betrachten können. Sie stehen rechts und links in einfacher Anzahl (nur Nautilus besitzt deren zwei Paare) an den Seitentheilen des Körpers und zwar beständig in der sog. Mantelfurche, zwischen dem Rande des Mantels und des Fußes, niemals auf der Oberfläche des Mantels.

Fig. 184.



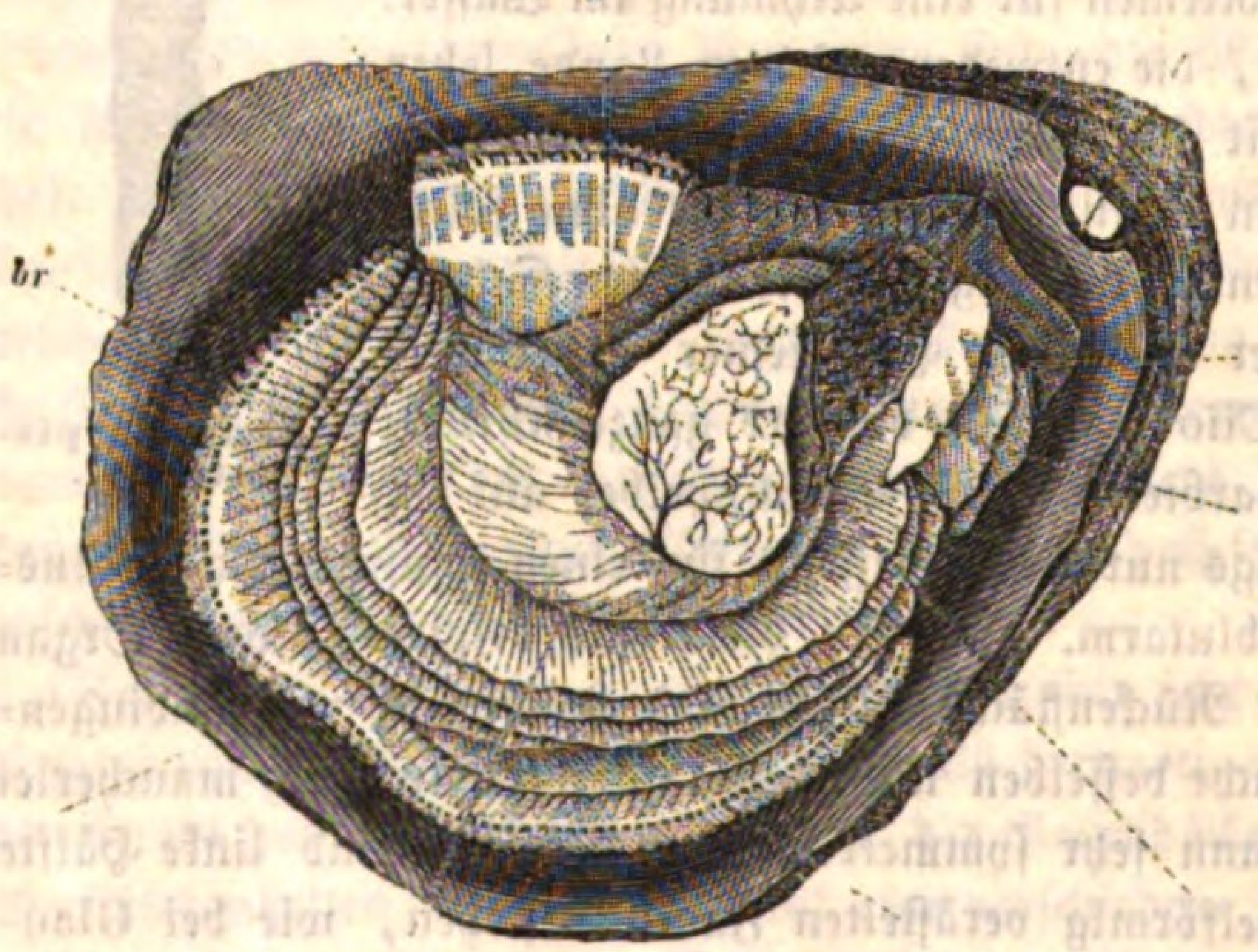
Fig. 185.



Querdurchschnitte von Mollusken.
(Gasteropoden und Acephalen.)
a Fuß; *b* Mantelränder; *c* Kiemen.

Nach Bau, Lebensweise und Bedürfniß der Mollusken zeigen diese Gebilde nun aber sehr manchfaltige Differenzen, die sich theils auf die Form und Symmetrie der Kiemen, theils auf die Entwicklung der Mantel- (oder Kiemen-) Furche beziehen. Es ist unmöglich, alle diese Differenzen anzuführen. Wir wollen uns mit einigem Wenigen hier begnügen, zumal wir es noch nicht verstehen, den physiologischen Werth derselben gehörig zu deuten. — Bei den Cephalophoren sind die seitlichen Blätter der Kiemenfahne meist kurz und hoch (Fig. 187 b), jedoch nicht selten mit Nebenblättchen zweiter Ordnung u. s. w. versehen (z. B. Octopus, Aplysia), je nachdem es darauf ankam, eine geringere oder größere Athmungsfläche zu bilden. Noch weit häufiger aber ist es, daß der Schaft der Kieme in seiner ganzen Länge mit den Seitentheilen des Körpers verwächst, so daß die Kieme dann aus zwei neben einander liegenden Reihen paralleler Blättchen zu bestehen scheint (Pectinibranchiata). Von diesen beiden Reihen geht die eine aber auch sehr häufig verloren (Diphyllidia, Chiton u. s. w.). — Die Kiemen der Bivalven zeigen eine andere Form, in der sich die ganze eigenthümliche Gestalt dieser Thiere sehr deutlich ausspricht. Bei ihnen sind die Kiemenblättchen zu langen Fäden geworden, die senkrecht auf dem Schafte aufsitzen und jederseits in zwei parallelen Längsreihen neben dem hohen und stark comprimirten Körper herabhängen. Gewöhnlich sind überdieß die Fäden einer jeden Reihe unter sich zu einer gemeinsamen häutigen Lamelle (Fig. 126) verbunden. Nach hinten überragen diese Kiemen wegen ihrer Länge den Körper bald mehr, bald minder. Dadurch bekommen die Schäfte derselben Gelegenheit, in der Mittellinie mit einander zu verwachsen, wie wir es z. B. schon bei unseren gewöhnlichen Teichmuscheln sehen. — Obgleich es als Norm gilt, daß rechte und linke Kieme gleich entwickelt sey, so finden sich doch bei den Gasteropoden, die auch in vielen anderen Organen größere und geringere Spuren einer Asymmetrie darbieten, mancherlei Abweichungen. Bald ist die Kieme der einen Seite weniger vollständig als die andere (Pectinibranchiata), bald fehlt sie gänzlich (Pleurobranchus, Aplysia u. s. w.).

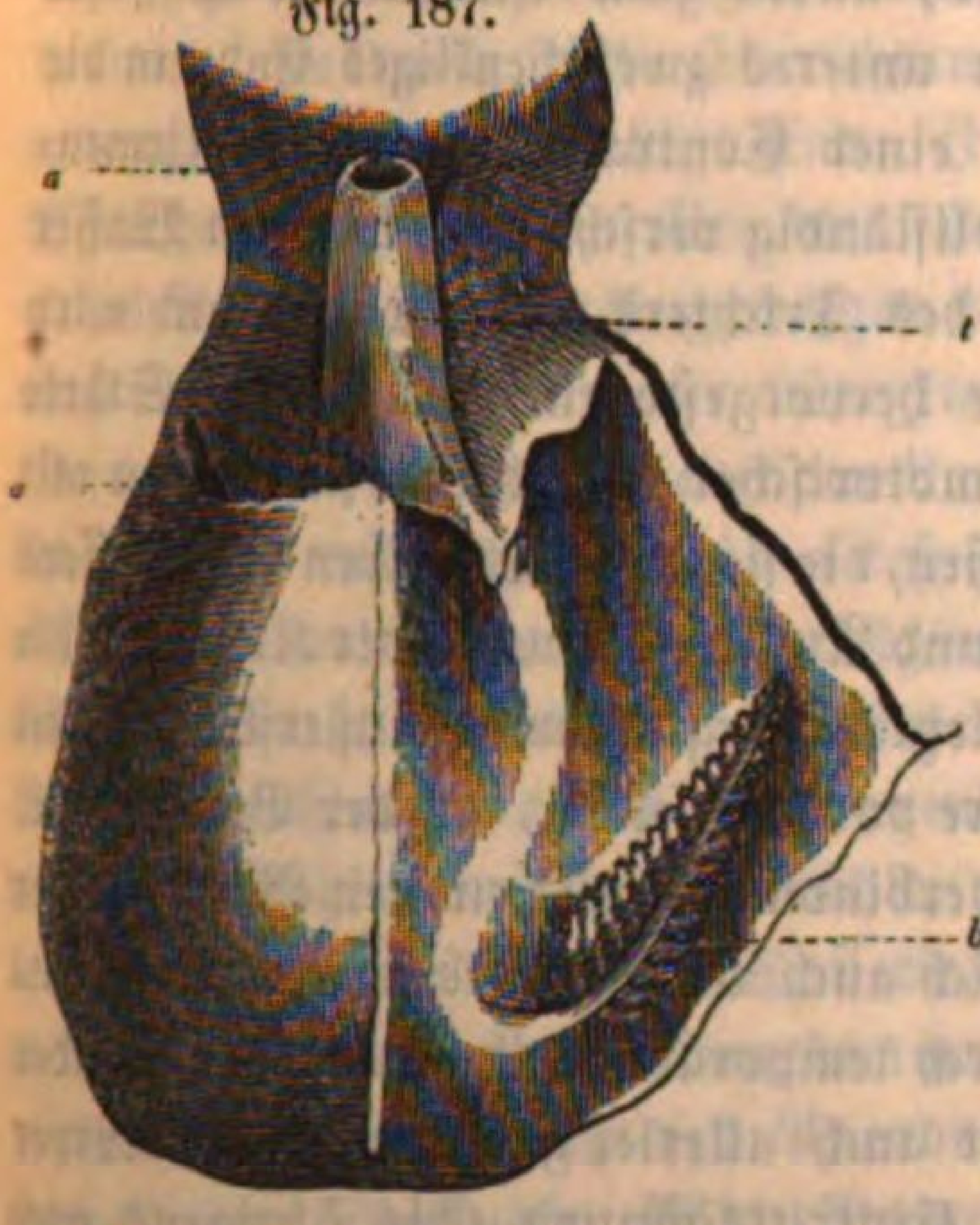
Fig. 186.



Anatomie der Auster.
br Die vier Kiemenlamellen.

Wir haben aber auch der Verschiedenheit in der Bildung der Kiemenfurche erwähnt. Diese besteht vorzüglich in einer verschiedenen Tiefe derselben. Nur in einigen wenigen Gasteropoden bleibt dieselbe nämlich eine seichte Furche (z. B. Chiton, Pleurobranchus). Viel häufiger vertieft sie sich zu einer förmlichen mehr oder minder weiten Höhle, die zwischen Mantel und Körperwand gelegen ist und im Innern die Kiemen einschließt. Der Eingang in diese Kiemenhöhle ist gewöhnlich eine Spalte unterhalb des Mantelrandes, die mit der eigentlichen Kiemenfurche zusammenfällt. Nur in einigen Gasteropoden ist die Kiemenhöhle in ihrer ganzen Tiefe geschlitzt und dann unmittelbar auf der Fläche des Mantels geöffnet (Pomatobranchiata).

Fig. 187.



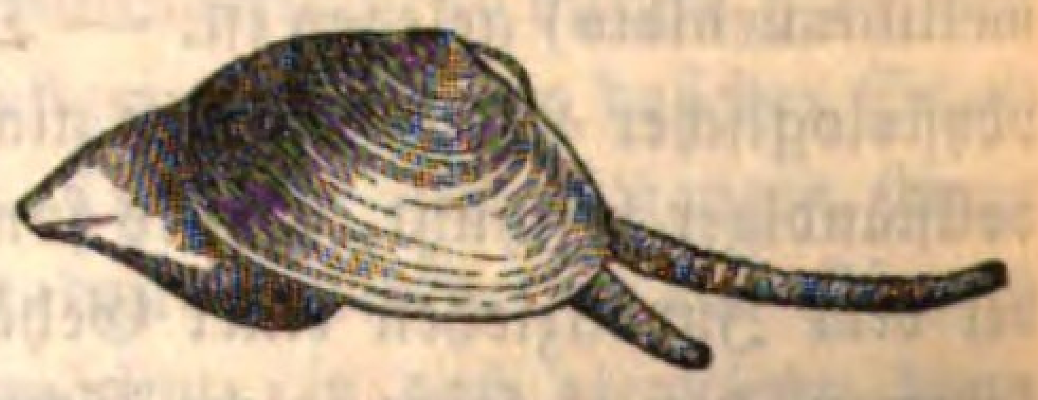
Respirationsapparat von Octopus.
b Linke Kieme in der einen geöffneten Kiemenhöhle; o Kiemenspalte für die linke Kiemenhöhle; t Trichter; a Kopf.

Die Anordnung dieser Kiemenhöhle richtet sich natürlich nach den Kiemen. Bei unpaariger Kieme findet sich auch eine unpaarige Kiemenhöhle, bei paarigen Kiemen eine paarige (Fissurella, Octopus). Jedoch ist es sehr häufig, daß zwei seitliche Kiemenhöhlen in eine einzige zusammenfließen, die dann, je nach der Lage der Kiemen, am vordern (Pectinibranchiata, Hyalea u. s. w.) oder hintern Körperende (Sepia, Lamellibranchiata) gelegen ist. — Die Entwicklung einer Kiemenhöhle bei den Mollusken ist in physiologischer Hinsicht gewiß nicht gleichgültig. Zunächst werden dadurch die Kiemen weit vollständiger beschützt, als es sonst geschehen könnte. Eine freie Kieme könnte namentlich bei dem Zurückziehen einer Gehäuseschnecke sehr leicht beschädigt werden. Daher mag es kommen, daß es keine solche Schnecke ohne Kiemenhöhle gibt. Wenn Nacktkiemer mit einer Schale versehen sind, so ist dieselbe beständig klein und keiner beträchtlichen Lagenveränderung zum Thiere fähig (Patella, Ancylus u. s. w.).

Daß sich aber hierauf nicht die Bedeutung der Kiemenhöhle beschränkt, geht schon daraus hervor, daß auch eine Anzahl von nackten Mollusken damit ausgerüstet sind (Octopus, Sepia u. s. w.). Dieser Umstand findet wohl in einer andern physiologischen Beziehung der Kiemenhöhle seine Erklärung. Die Kiemenhöhle ist nämlich offenbar auch für die Erneuerung des zur Respiration dienenden Wassers von großer Wichtigkeit. Der von dem Mantel gebildete Kiemendeckel ist nach den verschiedensten Richtungen contractil; er kann sich dem Boden der Kiemenhöhle nähern und davon entfernen, die Kiemenhöhle verengern und erweitern. Im erstern Fall wird das Wasser herausgetrieben, im andern strömt es herein. Es ist ersichtlich, daß solcher Mechanismus den Mollusken, die einen nur einigermaßen beträchtlichen Stoffumsatz haben, sehr nothwendig war. Bei der Trägheit und Langsamkeit der locomotorischen Bewegungen würde ohne eine derartige Einrichtung kein hinreichender Wasserwechsel im Umkreis der Kiemen möglich seyn. Die Anwesenheit eines Flimmerepitheliums auf den Kiemen würde vielleicht nicht überall genügen. In den meisten Fällen besitzen übrigens auch die Mollusken mit Kiemenhöhle ein solches Flimmerepithelium, und zwar nicht bloß auf den Kiemen, sondern auch auf den anliegenden Wänden der Athemhöhle, um im Innern derselben eine regelmäßige Strömung des Wassers zu erhalten. Vielleicht sind es nur die Cephalopoden, die desselben entbehren, und entbehren können, weil die Einrichtung ihrer Kiemenhöhle an Zweckmäßigkeit alle übrigen Mollusken übertrifft. — Bei den Gasteropoden fällt Eingang und Ausgang der Kiemenhöhle in eine einzige Oeffnung zusammen. Sie liegt gewöhnlich in der vordern Hälfte des Körpers, ganz constant namentlich bei den Schnecken mit gewundener Schale, wo solche Lage schon deßhalb als die

passendste sich empfehlen mußte, weil der betreffende Körpertheil zunächst bei einem Hervorkriechen aus dem Gehäuse mit dem Wasser in Berührung kommt. — In den Cephalopoden dienen die Kiemenspalten, die dem Nacken gegenüber an dem Hinterleibsende (fälschlich gewöhnlich als Bauchfläche bezeichnet) angebracht sind, allein zum Eintritt des Wassers. Der Austritt geschieht durch den sog. Trichter, dessen unteres zweischenkliges Ende in die Kiemenhöhle hineinragt (vergl. Fig. 187), und bei einer Contraction des den Kiemendeckel bildenden Mantels die seitlichen Spalten so vollständig verschließt, daß kein Wasser aus denselben entweichen kann. Es muß den Kanal des Trichters durchströmen und wird aus dem vordern Ende desselben in starkem Strahle hervorgestoßen. Durch die Stärke dieses Stromes erwächst den Cephalopoden ein locomotorischer Vortheil: sie werden mit derselben Kraft in entgegengesetzter Richtung fortgestoßen, die sie zum Austreiben des Wassers verwenden. — Eine Verschiedenheit zwischen Eintritts- und Austrittsöffnung der Kiemenhöhle findet sich auch bei den zweischaligen Muscheln. Die letztere liegt hier im äußersten Winkel der beiden Mantelblätter, hinter dem After, die erstere vor demselben, an der Bauchfläche. Beide sind gewöhnlich durch eine brückenartige Querverbindung zwischen den Rändern der Mantelblätter von einander geschieden, jedoch finden sich auch Arten, wo bei einer Abwesenheit dieser Verbindung die beiden Oeffnungen nur durch temporäre Anlagerung der Ränder getrennt sind. Damit beim Eintritt des Wassers nicht auch allerlei größere fremde Körper in die Kiemenhöhle gerathen, stehen im Umkreis der Eintrittsöffnung (die übrigens nach vorn gewöhnlich unmittelbar in den Mantelschlitz übergeht) eine Anzahl contractiler Warzen und Hervorragungen, die einen förmlichen Schutzapparat bilden. — In manchen Bivalven sind die beiden Oeffnungen der Kiemenhöhle in lange cylindrische Röhren ausgezogen, die bald getrennt sind, bald auch zu einer gemeinsamen Masse mit einander verschmelzen. Es sind dieß solche Arten, die in Schlamm, Holz und Steinen bohren und in diesen Substanzen sich vollkommen begraben. Man sieht leicht ein, in welchem teleologischen Zusammenhang jene Bildung mit dieser Lebensweise steht. Eine ähnliche Anordnung sehen wir auch bei manchen größeren Gehäuseschnecken, bei denen der Mantelrand oberhalb der Kiemenspalte in einen langen Halbkanal sich ausgezogen hat, der selbst im zurückgezogenen Zustand der Thiere den Athmungsproceß zu unterhalten im Stande ist.

Fig. 188.



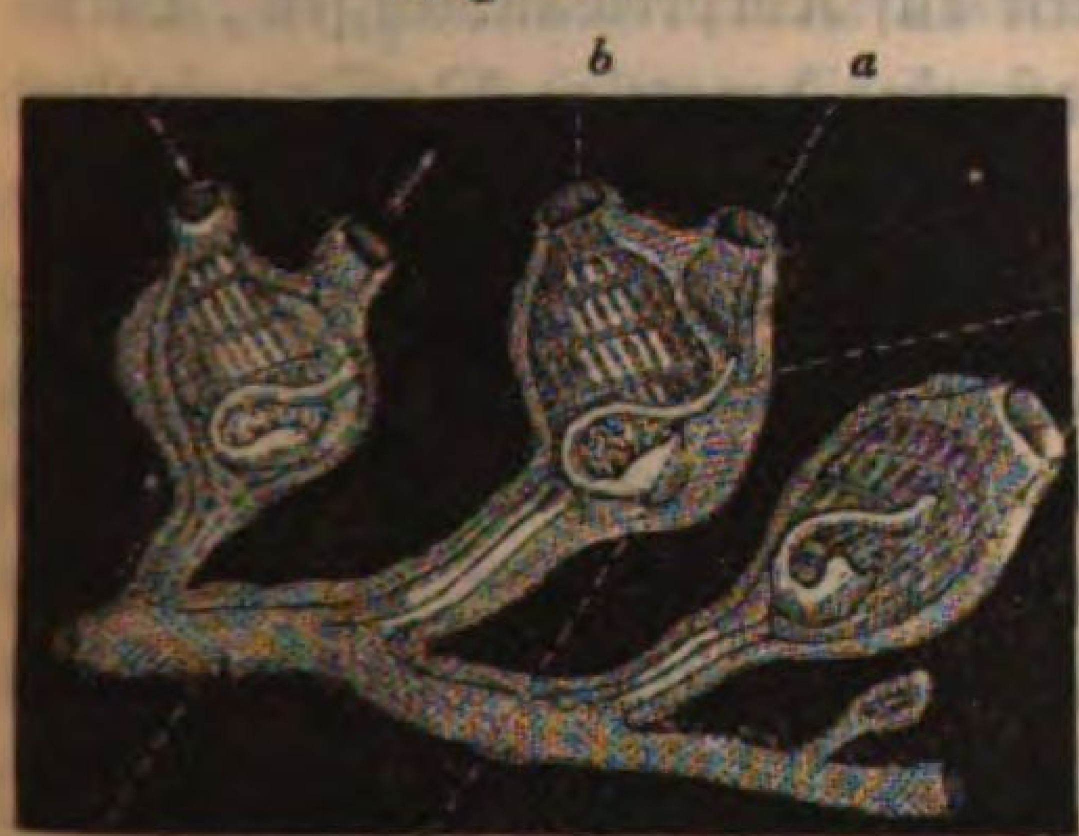
Tellina, mit Athemröhren.

Wir haben bisher nur von den wasserathmenden Mollusken gesprochen. Es gibt aber auch, wie schon angeführt wurde, eine Anzahl von Schnecken (unsere Landschnecken und die meisten unserer Süßwassergasteropoden), die, gleich den Lungenwirbelthieren und luftathmenden Arthropoden, unmittelbar mit der atmosphärischen Luft in eine respiratorische Wechselbeziehung treten. Es geschieht dieses durch eine einfache Höhle, die sog. Lungenhöhle (Fig. 37 p), die in Lage und Anordnung so vollkommen mit der Kiemenhöhle der übrigen Gasteropoden übereinstimmt, daß wir sie morphologisch derselben vollkommen gleichsetzen müssen. Statt der Kiemen enthält dieselbe ein einfaches Gefäßnetz, bei den im Wasser lebenden Arten auch noch ein flimmerndes Epithelium. Da, wie man behauptet, eine Kieme im Innern der Kiemenhöhle auch schon bei einer wasserathmenden Schnecke, Limacina, fehlt und von einem einfachen respiratorischen Gefäßnetz vertreten ist, so scheint der hauptsächlichste Unterschied zwischen diesen beiderlei Respirationsorganen die Beschaffenheit des eingeathmeten Mediums zu seyn. Woher es aber kommt, daß ausschließlich in dem einen Falle dieses, in dem andern jenes Medium für die Unterhaltung des Respirationsprocesses diene, wissen wir nicht zu sagen. Vielleicht, daß hierbei die Anordnung und Bildung der die Athmung vermittelnden Membranen im Spiele ist. Wir möchten wenigstens daran erinnern, daß ähnliche Erscheinungen auch sonst wohl vorkommen. Während z. B. unsre Nasenschleimhaut nur solche Riechstoffe percipirt, die in der Luft suspendirt sind,

ist die der Fische nur für die im Wasser aufgelösten Riechstoffe empfänglich u. s. w. — Die Annahme einer morphologischen Identität von Kiemenhöhle und Lungenhöhle bei den Gasteropoden, die wir eben behauptet haben, scheint auf den ersten Blick darin eine Widerlegung zu finden, daß es einzelne Arten gibt, in denen Lungen und Kiemen gleichzeitig vorkommen, die durch solche Einrichtung also zu einem gleichmäßigen Aufenthalt im Wasser und auf dem Lande befähigt sind. Indessen bei näherer Betrachtung wird der scheinbare Widerspruch schwinden. Bei dem einen dieser Thiere, Onchidium, sind die sog. Kiemen nichts Anderes, als Verlängerungen des Mantels, wie bei Doris, die mit den in einer Höhle eingeschlossenen Kiemen der übrigen Gasteropoden morphologisch Nichts gemein haben. (Auch bei den im Wasser lebenden Lungenschnecken wird die äußere Haut, die dem Contact des Wassers ausgesetzt ist, einen respiratorischen Gasaustausch unterhalten.) Die übrigen mit Lungen und Kiemen gleichzeitig ausgestatteten Gasteropoden, Arten des Gen. Ampullaria, haben nun freilich wirkliche in einer Kiemenhöhle eingeschlossene Kiemen, wie die Pectinibranchiaten, allein die Lungenhöhle derselben ist nichts als eine bloße Ausstülpung der Kiemenhöhle, eine Anhangshöhle, die sich durch einen Sphincter von derselben abschnüren kann und nur außerhalb des Wassers, wenn dieser Sphincter geöffnet ist, mit einem respirablen Medium in Berührung kommt.

Sehr abweichend in der Anordnung des respiratorischen Apparates von den bisher betrachteteten Mollusken ist die Gruppe der Tunicaten, die wir besonders berücksichtigen müssen. Die Athmungswerkzeuge dieser Thiere sind Kiemen, die sich noch am ersten an die blattförmigen Kiemen der Bivalven anschließen, aber in manchfacher Hinsicht sich so sehr davon unterscheiden, daß wir es hier unterlassen wollen, auf den etwaigen morphologischen Zusammenhang derselben hinzudeuten. In den festsitzenden Tunicaten, den sog. Ascidien, bilden die Kiemen einen weiten sackförmigen Apparat, der im freien Körperende gelegen und hier durch eine eigene Oeffnung, die Athemöffnung, nach außen führt. Mitsammt dem Darmkanale, der aus dem entgegengesetzten Ende des Kiemensackes entspringt (wie sonst wohl aus dem hintern Ende einer Mundhöhle), ist er von den festen äußeren Körperhüllen umgeben. Die Wandungen dieses Kiemensackes sind nun aber nicht solide, sondern von zahlreichen, sehr regelmäßigen Längsspalten durchbrochen, deren Ränder mit flimmernden Cilien bekleidet werden. Das Wasser, welches durch die vordere Athemöffnung in den Sack hineintritt, gelangt durch diese Längsspalten in den vordern, zwischen Kiemensack und Körperhülle gelegenen Leibesraum (Athemhöhle), und wird von da durch eine zweite am Vorderende gelegene Oeffnung, die sogenannte Cloaköffnung, nach außen geschafft. Um den Eintritt größerer fremder Körper in den Kiemensack zu verhindern, ist die Athemöffnung sehr häufig mit besonderen contractilen Fäden oder Wärzchen besetzt, wie bei den Bivalven. Die schwimmenden Tunicaten, die Salpen (Fig. 35), besitzen an ihrem Körper gleichfalls zwei Oeffnungen, wie die Ascidien, aber nicht neben einander, sondern durch einen größern Zwischenraum getrennt, an den Enden eines cylindrischen Rohres, dessen untere Fläche die zu einem Knäuel zusammengewundenen Eingeweide trägt. Der von dem Rohre umschlossene Raum ist die Athemhöhle, die den eigentlichen Kiemenapparat enthält. Dieser ist hier aber nicht ein geschlossener Sack, sondern ein schmaler bandartiger Körper, der in schräger Richtung von oben nach unten ausgespannt ist, so daß das Wasser rechts und links an ihm vorbeiströmt. Zahlreiche regelmäßig angeordnete Cilien sind auf seiner Fläche wahrzunehmen. Der Eintritt des Wassers geschieht durch die eine seiner beiden Oeffnungen, die im Innern eine besondere Klappeneinrichtung besitzt,

Fig. 189.



Componirte Ascidie.
a Kloaköffnung; b Athemöffnung.

durch den ein Austritt des Wassers unmöglich gemacht wird. Bei der geringen Ausdehnung der Flimmerbekleidung an der Kieme konnte diese hier aber nicht, wie bei den Ascidien, zur genügenden Unterhaltung eines regelmäßigen Wasserstromes hinreichen. Eintritt und Austritt des Wassers geschieht deßhalb hier durch die Hülfe eines an der innern Fläche des Athemrohres angebrachten Muskelapparates, der aus ringförmigen Bündeln gebildet ist. Da bei einer Contraction derselben sich die Klappen an der Eintrittsöffnung vor dem Andrang des Wassers schließen, kann dasselbe nur aus der entgegengesetzten Oeffnung ausströmen. Und dieses geschieht mit solcher Gewalt, daß der ganze Körper in entgegengesetzter Richtung fortgestoßen wird, wobei dann neues Wasser durch die Eintrittsöffnung einströmt.

Als physiologischen Grund für die fast ganz constante Anwesenheit besonderer Respirationsorgane bei den Mollusken haben wir oben die gedrungene Gestalt dieser Thiere und die Entwicklung eines äußern Skeletes angegeben. Nach eben diesen Einrichtungen werden wir nun auch bei den Echinodermen eine allgemeinere Verbreitung der Respirationsapparate vermuthen. Indessen dem ist nicht so: es gibt nur wenige Gruppen unter diesen Thieren, die mit besonderen Athmungswerkzeugen ausgerüstet sind. Mit Recht werden wir uns bei solcher Organisation nach anderen Veranstaltungen umzusehen haben, durch welche der Mangel von Kiemen oder dergl. physiologisch ermöglicht wird. Wir finden diese Veranstaltungen in dem eigenthümlichen Verhalten der Echinodermen gegen das Wasser. Es werden diese Thiere nämlich nicht bloß äußerlich vom Wasser umgeben; es tritt diese Flüssigkeit auch durch besondere Oeffnungen der äußeren Bedeckungen in die Leibeshöhle hinein, wo sie die einzelnen Organe umspült und mit den Blutgefäßen in innigen Contact tritt. Der Wechsel des eingeschlossenen Wassers geschieht theils durch die Contractionen der muskulösen Körperhülle, theils auch, wo diese, wegen der Starrheit des Skeletes unmöglich geworden, durch einen Ueberzug von schwimmenden Cilien auf Körperwandungen, Darmkanal u. s. w. Wir wollen hier übrigens erwähnen, daß eine derartige Wasseraufnahme sich nicht auf die Echinodermen beschränkt, daß sie vielmehr auch bei anderen Wasserthieren (namentlich Würmern, von denen die Aphroditeen schon dieselbe Flimmerbekleidung der Leibeshöhle zeigen) vorkommt und hier unstreitig eine gleiche, wenn auch vielleicht nicht überall gleich große Bedeutung für den respiratorischen Proceß ausübt. Wir müssen späterhin das Verhältniß solcher wasserführenden Räume im Innern zu den einzelnen nutritiven Lebensvorgängen nochmals besonders erwägen, und begnügen uns daher hier mit dieser Andeutung, die, wie erwähnt, zum Verständniß der bei den Echinodermen vorkommenden Anordnung der Respirationsorgane nothwendig scheint. Den wurmförmigen Sipunculiden können wir übrigens die respiratorischen Beziehungen der äußern Hautbedeckung nicht absprechen. Sie athmen durch dieselbe wie die Würmer, denen sie nach Gestalt und Lebensweise gleichen. Bei den Holothurien wird die Haut wegen ihrer festen lederartigen Beschaffenheit für die respiratorischen Zwecke wohl weniger leisten, noch weniger bei den Seeigeln u. s. w.

Wo nun aber bei den Echinodermen diese Einwirkung des äußern und innern Wassers auf die Blutgefäße für das Athmungsbedürfniß nicht ausreicht, da ist durch die Entwicklung wirklicher Athmungsapparate ausgeholfen. Solche Apparate sehen wir namentlich bei den Holothurien. Sie bestehen hier aus zwei cylindrischen Schläuchen, die sich gewöhnlich mehr oder minder verästeln und in der Leibeshöhle gelegen sind. Das hintere Ende derselben mündet, häufig durch einen gemeinsamen Stamm, in den Endtheil des Darmkanales, die sog. Cloake, und durch diese nach außen. Durch die pumpenden Contractionen dieses stark muskulösen Darmstückes werden die Schläuche mit Wasser gefüllt, wie sonst die Lungen mit Luft. Da die Schläuche überall geschlossen sind, kann das Wasser nicht entweichen. Es kommt nur mit den Wandungen in Berührung, die ein respiratorisches Gefäßnetz enthalten und im Innern mit schwingenden Cilien ausgekleidet sind. Soll das Wasser entfernt

werden, so contrahiren sich die Wandungen der Wasserlungen, was oft mit solcher Gewalt geschieht, daß der ganze Körper dadurch in entgegengesetzter Richtung fortbewegt wird, wie bei den Cephalopoden und Salpen.

Auch in den Kopfanhängen der Sipunculiden, die in ähnlicher Weise bei den Seeigeln im Umkreis des Mundes als fünf Büschel verzweigter Läppchen wiederkehren, könnte man vielleicht Respirationsorgane sehen. Sie möchten sich allerdings wegen ihrer weichen Beschaffenheit dazu eher eignen, als die übrige Hautoberfläche. Allein die verhältnißmäßig geringe Menge von Blutgefäßen, mit denen diese Gebilde ausgestattet sind, verhindert uns doch, denselben einen bedeutenden respiratorischen Einfluß zuzuschreiben. — Ebenso verhält es sich mit den Tentakeln und Füßchen der Echinodermen.

Unter den Coelenteraten ist bei dem größern Theile der Polypen die äußere Hautbedeckung gleichfalls zu einem Skelet erhärtet. Dafür aber werden dann die Tentakel der Kopfscheibe als respiratorische Organe funktioniren. Sie werden dazu um so eher im Stande seyn, als sie zur schnellen Erneuerung des Wassers einen Flimmerüberzug tragen. Die Akalephen entbehren desselben, weil sie sich rasch bewegen und überdieß ihre ganze weiche Körpermasse dem respiratorischen Einfluß des Wassers darbieten.

Auf eine Hautrespiration beschränkt sich auch die Athmung der Protozoen, bei denen ja die äußere Körperfläche im Verhältniß zum Volumen so sehr bedeutend groß ist. Die Gregarinen, die parasitisch im Innern anderer Thiere leben, verhalten sich in Bezug auf ihre Athmung wie die Eingeweidewürmer. Die übrigen Protozoen treten mit dem umgebenden Wasser in einen endosmotischen Wechselverkehr, bei welchem den eigentlichen Infusorien die äußere, mehr oder minder ausgebreitete Wimperbekleidung natürlich nicht ohne Bedeutung ist. Der respiratorische Gasaustausch der Protozoen ist bei der Abwesenheit einer eigentlichen Blutflüssigkeit ein rein parenchymatöser. Er beschränkt sich auf den Verkehr zwischen der die Leibesmasse durchtränkenden Flüssigkeit und dem umgebenden Medium. Schon bei den Coelenteraten, wie bei denjenigen Mollusken und Würmern, wo der Circulationsapparat weniger vollkommen erscheint und besonders die capillaren Ausbreitungen des Gefäßsystemes fehlen, hat diese parenchymatöse Diffusion auf Kosten des gewöhnlichen Austausches zwischen Blut und Wasser an Bedeutung für das Zustandekommen der gesammten respiratorischen Erscheinungen zugenommen. Daneben war aber der Austausch zwischen den aufgelösten Gasen des Blutes und des Wassers auch noch von Einwirkung auf den Gasaustausch des Körperparenchyms, so daß dieses gleichzeitig auf zweierlei Wegen den endosmotischen Erscheinungen zugängig war, ein Mal von Seiten des Blutes und das andere Mal von Seiten des äußern Mediums, das mit der Flüssigkeit des Parenchyms ebenso gut in Beziehung tritt, als mit dem Blut.

Bei den Infusorien dagegen ist, wie gesagt, der endosmotische Verkehr zwischen Blut und Wasser mit ersterem zugleich hinweggefallen. Der ganze Athmungsproceß gestaltet sich daher denn auch viel einfacher. Der Körper gibt die in ihm beständig erzeugte Kohlensäure unmittelbar ab an das Wasser, von dem er dafür, nach den im Anfang hinreichend erörterten Gesetzen, einen entsprechenden Antheil von Sauerstoff empfängt. Er verhält sich gewissermaßen, wie eine mit Kohlensäure gefüllte Blase, die in das Wasser eingesenkt ist und in sich eine beständige Quelle neuer Kohlensäure enthält, zu deren Bildung der von außen nach physikalischen Gesetzen hineintretende Sauerstoff verwandt wird.

[Schließlich noch eine Bemerkung über die, wie wir gesehen haben, so manchfach verschiedene Ausdehnung der Respirationsflächen. Es leuchtet ein, daß man im Allgemeinen die Ausdehnung dieser Flächen in einigem Verhältniß zu der Größe des Thieres, genauer: zum Volumen des Thieres, erwarten wird. Davon finden sich freilich große Ausnahmen, besonders weil nicht alle Thiere in gleichen Volumentheilen ihres Körpers gleich viel Kohlensäure bilden, weil, mit anderen Worten, der Stoffwechsel verschiedener Thiere sehr verschiedene quantitative Verhältnisse zeigt. Eine andere wichtige mitbedingende Ursache ist das Medium, in welchem

geathmet wird. Unter übrigens gleichen Umständen würden die im Wasser athmenden Thiere viel größere Respirationsflächen haben müssen, als die Luftathmer. Die Wirkung dieses und des vorigen Umstandes neutralisiren sich aber in vielen Fällen, indem durchschnittlich die Thiere mit größerem Stoffumsatz Luftathmer, die übrigen Wasserathmer seyn dürften. An den Lungen der Amphibien, besonders der Batrachier sehen wir aber, wie reducirt eine Respirationsfläche seyn kann, wenn der Stoffumsatz des Thieres ein geringer ist. — Führen wir nun eine Vergleichung von Respirationsflächen und Volumen über eine größere Reihe von Thieren aus, deren Lebensbedingungen nicht zu verschieden, welche z. B. sämmtlich Wasserathmer sind, so ist es begreiflich, wie im Allgemeinen bei kleineren Thieren, deren äußere Oberfläche schon einen großen Theil der Säfte der Wirkung des umgebenden Mediums zu jeder Zeit aussetzt, ein besonderes Respirationsorgan immer mehr entbehrlich wird. Die Respirationsfläche eines Infusoriums, d. h. seine Oberfläche, mag zu seinem Volumen eben nicht ungünstiger stehen, als die Flächen besonderer Respirationsorgane bei vielen höheren Thieren. Finden wir aber bei kleinen Thieren, z. B. unter den Luftathmern bei den Insekten, sehr entwickelte Athmungswerkzeuge, so haben wir dann um so mehr einen relativ sehr starken Stoffwechsel anzunehmen. Bei der großen Entfernung zwischen den Thieren der kleinsten und denen der größten Massen, Infusorien einerseits, Walfischen andererseits, stellt sich dieß Verhältniß als höchst wichtig heraus. Mancher sieht dieß vielleicht gern an einem einfachen Zahlenbeispiel erläutert. Jenen ungeheuren Größenunterschieden gegenüber ist es noch sehr mäßig, wenn wir als Beispiele zwei Thiere denken, deren eines das Volumen von einem Kubikmillimeter hätte, während das andere einem Kubikmeter gleich wäre. Denken wir uns der Einfachheit halber die Thiere auch in kubischer Form, so würden sich die Oberflächen beider Thiere zu einander verhalten, wie 1 zu einer Million, während das Volumenverhältniß 1 zu tausend Millionen wäre. Also würden tausend Millionen Exemplare des kleinen Thieres, an Volumen dem großen gleich, zusammen eine tausendmal so große Oberfläche als jenes haben. Es müßte also, behufs einer Flächenwirkung, deren beide Thierarten in gleichem Maße bedürfen, das große Thier ein besonderes Organ besitzen, mit einer Oberfläche, welche die einfache Gränzfläche seines Körpers um das Tausend- (oder 999)fache überträfe, wenn für das kleine Thier die einfache Körperfläche genügen würde. — Ich habe auf diese wichtige Beziehung zwischen Größe und Organisation schon früher einmal aufmerksam gemacht, um zu zeigen, daß es absurd sey, bei mikroskopischen Thieren eine Circulation des Blutes anzunehmen (bloß weil sie „sehr vollkommen organisirte Wesen" seyen), ohne dieselbe sinnlich wahrgenommen zu haben. Die Kleinheit wirkt eben, daß die Lebensfunktionen in denselben Verhältnissen bleiben können, wie bei einem größern Thiere, während die Organisation sich vereinfacht. In der That würde die Organisation der kleinsten Thiere in Widerspruch mit den physikalischen Gesetzen gerathen, wenn sie ein verkleinertes aber sonst ähnliches Abbild größerer Thiere seyn wollte. Da würden sich Kanäle finden, durch welche das stärkste Herz kein Blut mehr treiben könnte u. s. w. B.]

IV. Wärmebildung der Thiere.

Es ist wohl eben so gewiß, daß in allen Thieren bei dem Lebensprocesse sich stets Wärme bildet, als daß dieselben stets respiriren; zwei Sätze, die in sehr genauer Beziehung zu einander stehen. Direkte Beobachtungen an vielen Thieren dienen der Annahme einer allgemeinen Wärmebildung zur Stütze. Wir finden die Temperaturen, namentlich in den inneren Theilen vieler Thiere, höher, als die Temperaturen der umgebenden Mittel. Diese Temperaturunterschiede sind in manchen Fällen sehr gering, so daß es besonderer Vorrichtungen bedarf, um sie nachzuweisen, während sie in anderen Fällen sehr bedeutend sind. Solche Temperaturunterschiede beweisen die Wärmebildung im Innern der Thiere. Doch geben sie dafür keineswegs ein genaues Maaß. Zwei Thiere können gleich viel Wärme bilden und

dennoch ganz verschieden in ihrer Abweichung von der Temperatur des umgebenden Mittels sich verhalten. Dieß kann seinen Grund entweder in der Verschiedenheit des Mediums haben, da ein Thier im Wasser weit stärker abgekühlt wird, als in der Luft. Es kann aber auch in der Organisation des Thieres und besonders in der Beschaffenheit seiner Bedeckungen ein solcher Unterschied gegründet seyn. Wir sehen Thiere durch Beschaffenheit der Haut, Bedeckung derselben mit Haar oder Federn, durch Fettschichten oder Luftsäcke unter derselben befähigt, die gebildete Wärme zurückzuhalten, während andere, bei dem Mangel an solchen Vorrichtungen, schon bei einer geringen Erhebung ihrer Temperatur über die Wärme der Umgebung stets ebenso viel Wärme ausgeben, als sie bilden. Ja, es scheint bei Thieren, welche wenig Wärme bilden und zugleich mit einer feuchten Oberfläche versehen an der Luft leben, der Fall vorzukommen, daß sie durch Verdunstung eine tiefere Temperatur als die Luft erhalten. So fand man es bei Fröschen, welche dennoch, als man sie in eine mit Wasserdampf gesättigte Luft brachte, eine höhere Temperatur als diese Umgebung annahmen. Ein anderer Umstand, welcher auf die Wärmeverluste einwirkt, ist das Verhältniß der Oberfläche des Thieres zu seinem Volumen. Denken wir uns zwei Thiere, deren Wärmebildung für gleiche Volume gleich groß wäre. Sind die Thiere dabei an Größe verschieden, so wird das größere immer wärmer seyn müssen, als das kleinere, weil bei der Vergrößerung einer beliebigen Form das Volumen desselben sich nach einem höhern Maaßstabe vermehrt, als die Oberfläche. Nur wenn zugleich große Veränderungen der Form eintreten, könnte die Wirkung dieses Verhältnisses neutralisirt werden. So könnte die Wärmeausgabe durch starke Längsstreckung, haut- oder fadenförmige Bildungen am Körper eines großen Thieres gesteigert seyn.

Wir haben also in den sehr verschiedenen Bedingungen der Wärmeableitung eine Reihe von Ursachen, welche die, bei gleicher Wärme der Umgebung sehr verschiedenen, Temperaturen der Thiere erklären können. Aber auch die Wärmebildung selbst ist ohne Zweifel in verschiedenen Thieren sehr verschieden.

Es versteht sich bei einer Besprechung dieses Punktes von selbst, daß man die Wärmebildung stets auf Volumseinheiten bezieht: die Wärmebildung zweier Thiere ist verschieden, wenn die gesammte Production des einen für ein gewisses Maaß, z. B. für einen Kubikcentimeter seines Körpers berechnet, einen andern Werth ergibt, als bei dem andern. Leichter als Raumeinheiten kann man Gewichtseinheiten bei solchen Vergleichen zu Grunde legen. Ohne indessen auf genauere Vergleichungen in dieser Beziehung eingehen zu können, braucht man nur zu erinnern, daß die innere Temperatur in vielen Thieren gleich groß ist, während offenbar die Bedingungen der Wärmeableitung sehr verschieden sind, um es zur Evidenz zu bringen, daß die Wärmebildung in verschiedenen Thieren sehr verschiedene Werthe hat. Die Wärme der inneren Theile ist ziemlich gleich bei allen Säugethieren. Mögen sie groß oder klein seyn, kalte oder warme Gegenden, Wasser oder Festland bewohnen, dichte oder spärliche Behaarung besitzen, ihre Temperaturen weichen nur um wenige Grade von einander ab. Es ist aber klar, daß ein Seehund in den Polargegenden viel mehr Wärme bilden muß, als ein gleich großes Thier unter der tropischen Sonne, um eben so warm seyn zu können, als dieses.

Besondere und wichtige Modifikationen in der Wärmebildung sollen noch später zur Sprache kommen. Wir wenden uns jetzt der Frage zu: woher die Wärme in den Thieren komme?

Dieß ist eben der Punkt, durch welchen dieser Abschnitt an den vorhergehenden eng angeknüpft wird, denn es hat sich die neuere Physiologie immer entschiedener und ausschließlicher der Ansicht zugewandt, daß die Wärmebildung auf einer Oxydation beruhe, und daß eben der Sauerstoff, welchen die Respiration in den Körper führt, zu dieser Verbrennung diene. Man ist vollkommen berechtigt, hierin eine Wärmequelle anzuerkennen. Man wird berechtigt seyn, sie für die einzige zu halten, so lange sich nichts Dem entschieden Widersprechendes findet und eine andere Quelle der Wärme nicht aufgefunden ist. Letzteres ist bis

jetzt nicht möglich gewesen, so viele Versuche auch in dieser Hinsicht gemacht worden sind. Die Ansicht, welche die thierische Wärme von der Oxydation herleitet, ist aber nicht bloß die einzige, auf welche man Gewicht legen kann, sondern es haben sich auch die Einwendungen gegen dieselbe immer mehr als voreilig gezeigt. Einwendungen sind in unserer Zeit überhaupt von guten Physiologen nur insofern geltend gemacht, als manche nicht glaubten, die sämmtliche von einem Thiere in einer bestimmten Zeit gebildete Wärme auf diese Weise erklären zu können, während sie allerdings zugeben, daß die Oxydation die bedeutendste Wärmequelle sey. Es stellt sich indessen immer mehr heraus, daß man sie wirklich für die einzige halten darf, da die versuchten Gegenbeweise nicht stichhaltig sind. Man hat die von einem Thiere in bestimmter Zeit gebildete Kohlensäure, das absorbirte O und die gleichzeitig von dem Thiere ausgegebene Wärme bestimmt. Daraus sollte sich nun ergeben, daß aus der Bildung jener Kohlensäure und etwa noch eines Antheils Wasser durch das überschüssige O, nicht so viel Wärme habe frei werden können.

Diese Argumentation stützt sich aber auf zwei unbegründete Annahmen. Erstlich auf eine Hypothese über den Vorgang der Oxydation der kohlenstoff- und wasserstoffhaltigen Substanzen, welcher alle Basis fehlt: auf die Annahme, daß nur so viel von dem hinzutretenden O sich mit H verbinde, als nach Abzug alles zur Kohlensäurebildung Nöthigen übrig bleibe. Man könnte ja ebensowohl sagen, daß die Kohlensäurebildung vorzugsweise auf Kosten des in jenen Verbindungen schon enthaltenen O geschehe. Das Eine ist nicht voreiliger als das Andere.

Die zweite unbegründete Annahme ist aber, daß die in dem untersuchten Thiere *enthaltene* Wärmemenge zu Anfang und zu Ende des Versuches gleich gewesen sey. Nur unter dieser Voraussetzung ist die von dem Thiere ausgegebene Wärme auch gleich der gebildeten. Nimmt aber die Wärmemenge in dem Thiere zu, so bekommt man nicht so viel Wärme aus demselben, als gleichzeitig gebildet wurde; nimmt sie ab, so erhält man mehr Wärme aus dem Thiere, als es gleichzeitig producirt hat. Daß nun die in den untersuchten Thieren enthaltene Wärme während des Experimentes gleich geblieben sey, schloß man lediglich aus dem in der Physiologie herrschenden falschen Dogma, daß die sogenannten warmblütigen Thiere eben die Eigenschaft hätten, stets im gesunden Zustande eine gleiche Wärmemenge zu bewahren. Wir werden alsbald sehen, in wie weit dieß wahr ist, in wie weit falsch. Hier nur die Bemerkung, daß man bestimmten Grund zu der Annahme hat, daß die untersuchten Thiere sich abgekühlt haben. Wenn man also mehr Wärme aus den Thieren erhielt, als gleichzeitig durch Oxydation gebildet seyn konnte, so war das vielleicht nur ein Theil einer Wärmesumme, welche gebildet in dem Thiere vorhanden war, als der Versuch begann, und nicht mehr vollständig vorhanden war, als er endigte. Beruht also die Wärmebildung wahrscheinlich auf dem chemischen Processe der Oxydation im thierischen Körper, so ist sie einerseits wieder wichtig als Zeichen des Vorsichgehens dieser Processe; andererseits ist hierin der Grund gegeben, weßhalb die neuere Physiologie sie für eben so allgemein hält, als diese, weßhalb die Begriffe der thierischen Funktion, der Zersetzung thierischen Stoffes, der Athmung, der Wärmebildung untrennbar mit einander verbunden erscheinen.

Betrachten wir die Erscheinungsweise der thierischen Wärme näher, nach den Quantitäten, in welchen sie sich bildet, nach den vielfachen Beziehungen der Ableitung, unter welchen sie steht, und nach ihrer Rückwirkung auf den Zustand des Organismus selbst, in welchem sie sich bildet, so tritt uns zunächst besonders der Unterschied zwischen einer kleinen Reihe höherer Thiere, welche man warmblütige nennt, und der Masse der übrigen, der sogenannten kaltblütigen, entgegen. Bei den sog. *kaltblütigen* Thieren, welche wir vorziehen *pökilotherme* zu nennen, was sich in der folgenden Darstellung rechtfertigen wird, ist fast durchgehends die Wärmebildung nicht zu weiterem Nutzen für die Lebensprocesse verwandt. Bei sehr vielen derselben ist sie überall sehr gering, bei anderen ist es durch die Verhältnisse der Wärme-

ableitung, deren Bedingungen oben erwähnt wurden, unmöglich, daß sie ihre Temperatur bedeutend über die der Umgebung erhöhen. Daher werden diese Thiere immer mit der Luft oder dem Wasser, in welchem sie sich aufhalten, wärmer und kälter. Mit der Wärme, welche sie hauptsächlich durch ihre Umgebung besitzen, nimmt bis zu einem gewissen Grade ihre Lebensthätigkeit zu, mit der Abnahme derselben ab. Wir sehen diese Thiere, soweit sie bedeutenden jährlichen Wechseln der Temperatur ausgesetzt sind, mit der kältern Jahreszeit allmälig träge werden, endlich in den Winterschlaf verfallen, aus welchem sie erst durch die Frühjahrswärme wieder erweckt werden. Man hat beobachtet, daß nicht bloß die auf den ersten Blick wahrnehmbaren Lebenserscheinungen dieses der Wärme entsprechende Schwanken zeigen, sondern es gehen demselben auch entschieden Ab- und Zunahmen des chemischen Processes parallel: das Nahrungsbedürfniß, die Verdauung, die Athmung zeigen dieselben Veränderungen. So kommt also die selbstgebildete Wärme dieser Thiere nur als eine kleine Zugabe zu der allgemein verbreiteten in Anschlag, eine Zugabe ohne Werth, da wohl eine Schwankung ihrer Temperatur um den Werth der Differenz dieser Temperatur von der äußern nicht von besonderem Einfluß auf ihre Funktionen seyn würde. In sehr vielen Fällen beträgt diese Differenz nur Bruchtheile von Thermometergraden, in wenigeren Fällen einige Grade. Es sind also diese Thiere in verschiedenen Jahres- und Tageszeiten, in verschiedenen Klimaten verschieden warm; es erzeugen die einen derselben viel Wärme, aber sie wird nicht gespart, die anderen erzeugen wenig; ihre wichtigsten Lebensprocesse können meist bei verschiedenen Temperaturen ihres Körpers geschehen, nur sind sie bald mehr, bald weniger rasch. Diejenigen unter ihnen, welche weniger Wechsel solcher Art erleiden, verdanken das rein äußerlichen Verhältnissen: dem Aufenthalte in einem Medium von geringem Temperaturwechsel, in Quellen, besonders warmen, in tropischen Gewässern u. s. w., in den Eingeweiden warmblütiger Thiere. Hierin liegen denn auch wohl hinreichende Gründe, den Namen „pökilotherme oder wechselwarme Thiere“ für weit bezeichnender zu halten als den herkömmlichen: kaltblütige Thiere. Nur in einzelnen Fällen ist es offenbar, daß auch bei diesen Thieren die Wärme, welche sie selbst bilden, zu einem bestimmten Zwecke für ihr Leben verwandt wird. Dieß ist namentlich von den Bienen bekannt. Es bedarf besonderer Veranstaltungen, um eine solche zweckmäßige Verwendung dieser Wärme zu erreichen. Die Bienen erzeugen viel Wärme. Aber darin haben sie wohl vor vielen anderen Insekten nichts voraus, deren Respiration ebenfalls sehr lebhaft ist. Die einzelne Biene vermag nicht, sich bedeutend über ihre Umgebung zu erwärmen. Theils wegen ihrer Kleinheit, theils wegen des Mangels anderer Einrichtungen, welche nur den warmblütigen Thieren eigen sind, ist dieß unmöglich. Durch zahlreiches Zusammenleben in geschlossenen Räumen wird aber für diese kleinen Thiere dennoch die Möglichkeit gegeben, sich eine hohe Temperatur zu erringen. Es ist nicht das einzelne Thier viel wärmer als seine nächste Umgebung, sondern die ganze Kolonie mit ihrer nächsten Umgebung (der Luft im Bienenstocke) zusammen, erwärmt sich zu einem bedeutenden Grade.

Den pökilothermen gegenüber zeichnen sich die sog. warmblütigen, welche man richtiger als g l e i c h w a r m e o d e r h o m ö o t h e r m e T h i e r e bezeichnet, durch ihre W ä r m e ö k o n o m i e aus. Diese Thiere, die Säugethiere und Vögel, haben die Fähigkeit, innerhalb gewisser, für manche gar nicht sehr weiter Gränzen, ihre Wärmebildung und Wärmeableitung den äußeren Wärmeableitungsbedingungen so anzupassen, daß ihre inneren Organe eine fast constante Temperatur genießen.

Neben dieser Fähigkeit haben sie aber auch das Bedürfniß einer solchen gleichmäßigen Temperatur. Während die pökilothermen Thiere durch den Einfluß der verschiedenen Temperaturen nur allmälige Schwankungen in der Intensität ihrer Lebensprocesse erleiden, sind diese bei den homöothermen Thieren an bestimmte innere Temperaturen gebunden, gerathen schon bei geringen Abweichungen von denselben in Unordnung, in ein gefährliches Stocken. So weit aber die ihnen von der Natur gegebenen Mittel der Wärmeökonomie reichen, haben

sie denn auch den Vortheil, daß ihr Lebensproceß nicht solchen Schwankungen unterworfen ist. Nur eine kleinere Abtheilung der Säugethiere ist unvollkommen homöotherm; sie können gegen mäßige Schwankungen der äußeren Bedingungen ihre Wärme bewahren; einen Theil des Jahres hindurch aber verlieren sie diese Fähigkeit; sie kühlen sich mit der kalten Jahreszeit ab, ihre Temperatur schwankt mit der äußern, sie liegen im Winterschlaf wie so viele pökilotherme Thiere.

Eine andere Ausnahme bilden die neugeborenen Jungen mancher Homöothermen. Sie können noch nicht eigentlich zu den gleichwarmen Thieren gerechnet werden. Sie bedürfen nicht nur der zeitweiligen Erwärmung durch die Mutterthiere, wenn sie eine ähnlich hohe Temperatur erhalten sollen — dieß würde sie nicht so bestimmt von den homöothermen Thieren scheiden, da ja keines derselben ohne äußere Wärme und viele nur in einer bedeutenden äußern Wärme leben — sondern sie scheinen auch ein bedeutendes zeitweiliges Sinken ihrer Temperatur ohne Schaden zu ertragen, während für die eigentlichen Homöothermen gerade die Unfähigkeit, dieß zu ertragen, so charakteristisch ist. *) Zahlreich sind die verschiedenen Factoren, welche in verschiedenartigster Zusammensetzung die gleiche Wärme dieser verschiedenen Thiere bedingen. — Zunächst ist jedes Thier auf ein gewisses Klima angewiesen. Die mittlere Wärme seiner Umgebung ist ein bestimmender Umstand für die Menge von Wärme, welche das Thier erzeugen muß. Die Schwankungen der Wärme zwischen den Extremen müssen sodann durch compensirende Thätigkeiten von der Einwirkung auf die inneren Theile des Thieres abgehalten werden. — Die mittlere Wärme, welcher die Thiere ausgesetzt sind, ist für verschiedene sehr verschieden. Wir kennen ja stehende Bewohner solcher Gegenden, deren mittlere Temperatur unter dem Eispunkte liegt, und von da bis zu den tropischen Klimaten hat jeder Strich seine unveränderlichen homöothermen Einwohner, manche über größere, manche über kleinere Strecken verbreitet. Ja es beschränkt sich die homöotherme Fauna nicht auf das Festland, sondern auch die Gewässer haben dergleichen Bewohner, und es ist evident, daß in den Eismeeren die Anforderungen an die Wärmebildung den höchsten Grad erreichen, da das Wasser bei gleicher Temperaturdifferenz einem wärmern Körper so sehr viel mehr Wärme entzieht, als die Luft. — Die mittlere Temperatur, in welcher ein Thier lebt, wird bei weitem nicht genau bestimmt durch die in der Meteorologie sog. mittlere Lufttemperatur seines Wohnortes. Diese wird gewonnen durch Beobachtungen in freier Luft an Thermometern, welche den direkten Sonnenstrahlen und dem Regen, ja auch möglichst allen Rückstrahlungen entzogen sind. Die Thiere leben nicht so. Sie können sich dem Wasser, dem Regen, dem Winde, der Sonne, der Nacht- oder Tag-, der Winter- oder Sommertemperatur, vielerlei lokalen Einwirkungen mehr aussetzen oder entziehen, und dadurch das Maß von Wärme, welches sie bilden müssen, ganz anders herausstellen, als die mittlere Temperatur der Meteorologen fordern würde. Sie vergraben sich in die Erde, schützen sich in Nestern oder sie baden sich im Wasser, erheben sich hoch in die Luft u. s. w. Das Maaß, in welchem dergleichen geschieht, die Zeit, für welche es geschieht, gehen in die Rechnung ein.

Ein zweiter bedingender Umstand ist das Volumen der Thiere im Verhältniß zur Körperoberfläche. Unter übrigens gleichen Verhältnissen müßten kleinere Thiere immer in gleichem

*) Beobachtungen über solche unvollkommene Homöothermie hat man sowohl bei Säugethieren (Katze, Hund, Kaninchen), als auch bei Vögeln angestellt. Edwards erkannte sie zuerst. Ich führe aber keine bestimmten Zahlen an, weil Edwards und Andere die Temperatur an der äußern Oberfläche bestimmten. Man ging von der, in mancher Hinsicht für die Entwicklung der Ansichten über die Wärmeökonomie so verderblichen Fiction aus, die vollkommen homöothermen Thiere seyen dieß auch an ihrer Oberfläche. Ich würde diese Beobachtungen für ziemlich werthlos halten müssen, wenn nicht andere Umstände, namentlich daß die sich abkühlenden Thiere dabei ihre Lebhaftigkeit verloren und durch Erwärmung am Feuer wieder erhielten, eine die edleren Organe durchdringende Abkühlung wahrscheinlich machten. Diese hatte also dieselbe Wirkung, welche sie auch bei pökilothermen Thieren gehabt haben würde: Sinken der Lebensthätigkeit, welches leicht wieder ausgeglichen werden konnte.

Volumen mehr Wärme bilden als größere, oder in einem warmen Klima leben, oder wärmern Pelz und dergl. besitzen. Es ist in dieser Beziehung interessant, daß die riesigsten Thiere im Wasser und meist im kalten Wasser leben, daß das Wasser keine so kleinen homöothermen Bewohner hat, als das Land und die Luft; daß die kleinsten Homöothermen unter den Tropen leben; daß die großen Thiere der tropischen Zone fast nackt und große Liebhaber des Bades und überhaupt des Wassers sind, daß sie zum Theil auch Schatten und Nacht aufsuchen; daß die Winterschläfer und besonders die vollkommneren Winterschläfer zu den kleineren Säugethieren gehören; daß die kleineren Thiere sich den klimatischen Einflüssen mehr durch Nest- und Höhlenbau entziehen; daß die kleinen Thiere durchschnittlich stärkere Fresser zu seyn scheinen, als die größeren; daß von einander sehr ähnlichen aber verschieden großen Thieren die größeren Arten durchschnittlich ein kühleres Klima zu suchen scheinen. *) Es ist hierneben daran zu erinnern, daß bei weitem die größere Mehrzahl der pökilothermen Thiere weit kleiner sind, als die homöothermen, und daß man deßhalb wohl annehmen darf, daß sie meist zu klein sind, um in dem Verhältnisse von Volumen und Oberfläche die Bedingungen der Homöothermie darzubieten. Dieses Größenverhältniß zwischen pökilothermen und homöothermen Thieren ist um so auffallender, wenn man die Vergleichung auf solche beschränkt, welche in gleichem Klima und Medium mit einander leben. Man würde sonst die sehr zahlreiche Klasse der Fische als Einwendung zu gebrauchen sich versucht fühlen. Aber man darf sie nur mit solchen homöothermen zusammenstellen, welche gleich ihnen im Wasser leben, um zu finden, daß ihre große Mehrzahl dem Volumen nach unter der Kleinheitsgränze der homöothermen liegt. — Dadurch indessen, daß ein Thier von einer gewissen Größe in einem gewissen Klima lebt, ist es noch nicht geeignet, sich als homöotherm zu verhalten. Das lehrt schon auf den ersten Blick die sehr verschiedene Größe der in gleichem Klima mit einander lebenden Homöothermen. **) Sie müssen durch verschiedene Verhältnisse der Wärmebildung und Wärmeableitung dazu fähig gemacht werden.

Die Verhältnisse der Wärmebildung lassen sich roh nach der Masse der Nahrung beurtheilen. Genaueres Urtheil würde möglich seyn bei genauerer Bekanntschaft mit der Qualität der Nahrung. Denn es ist wohl anzunehmen, daß die ternär zusammengesetzten Bestandtheile, welche in der natürlichen Nahrung der Thiere in sehr verschiedenem Verhältnisse zu den quaternären vorkommen, viel mehr geeignet zur Wärmebildung sind, als die letzteren, da sie verhältnißmäßig mehr Kohlenstoff und Wasserstoff zur Oxydation darbieten. Erwägt man noch dazu, daß die Nahrung vieler Thiere mit einer großen Masse ganz unverdaulichen Stoffes vermengt ist, daß die eine viel, die andere wenig Wasser enthält, so ist es klar, daß die bloße Kenntniß der Quantität der Nahrung nur einen sehr entfernt angenäherten Schluß auf die Wärmebildung erlaubt. Es ist klar, daß die Wärmeerzeugung in zwei Thierarten, welche sehr verschiedene relative (zu ihrem eignen Gewichte) Nahrungsmengen verbrauchen, viel weniger, aber auch viel mehr verschieden seyn kann, als diese Nahrungsmengen. Sehr wichtig würde für diesen Punkt eine genauere Kenntniß der Verbrennungsprodukte seyn, welche ein Thier durchschnittlich liefert, oder auch des Sauerstoffes, welchen es absorbirt. Bei der Schwierigkeit von Beobachtungen hierüber sind dieselben natürlich nur sparsam vorhanden. Was man weiß, bestätigt aber im Allgemeinen das, was nach der obigen Aus-

*) Ich habe diese Ansicht zu begründen gesucht, indem ich eine bedeutende Reihe von Vögeln mit einander verglich. Es wurden immer die Species eines Genus zusammengestellt und dann ihre Größen- und Ausbreitungsverhältnisse nach dem genannten Principe untersucht. (Vgl. „Ueber die Verhältnisse der Wärmeökonomie der Thiere zu ihrer Größe.“ (Abgedruckt aus den Göttinger Studien. 1847. Göttingen 1848.)

**) Schon aus dem vorhin Gesagten wird es indessen einleuchten, daß ein bloßes Nebeneinandervorkommen von verschiedenen Thieren in derselben Gegend noch durchaus nicht beweist, daß sie daselbst in gleicher mittlerer Wärme leben, da die Lebensgewohnheiten, das Aufsuchen oder Vermeiden mehr oder weniger abkühlender Verhältnisse, darauf den bedeutendsten modificirenden Einfluß ausüben.

einanderſetzung zu erwarten iſt: kleine Homöothermen liefern (ſ. oben: Reſpiration) verhältnißmäßig mehr Kohlenſäure, als große, Vögel mehr als Säugethiere, da ſie im Durchſchnitt nicht bloß kleiner ſind, ſondern demungeachtet noch wärmer.

Ferner ſcheint es auch, daß im Allgemeinen die kleineren Thiere und die Bewohner kälterer Klimate gefräßiger ſind.

Die Anpaſſung der Wärmeableitung an die Bedürfniſſe des homöothermen Thieres geſchieht, eine gewiſſe mittlere Temperatur und ein gewiſſes Medium, ſowie ein gewiſſes Verhältniß von Volumen zur Oberfläche und eine beſtimmte Wärmebildung vorausgeſetzt, durch ſeine äußere Bedeckung. Die Natur entfaltet darin eine große Manchfaltigkeit und es iſt unmöglich, hier mehr als die weſentlichſten Geſichtspunkte anzudeuten. Die Wärmeleitung aus dem Innern des Körpers wird beſonders auf zweierlei Weiſe unterbrochen: durch Fettſchichten unterhalb der Cutis und durch hornige Gebilde in Form von Haar oder Federn an der Außenfläche des Leibes. In beiden Beziehungen unterſcheiden ſich die homöothermen Thiere auffallend von den pökilothermen. Dieſen fehlen die haar- oder federartigen Bedeckungen in ſolcher Entwicklung durchaus und die Fettmaſſen ſind auch anders disponirt, eine Fettſchicht unter der Haut iſt bei ihnen nicht nur gewöhnlich gar nicht vorhanden, ſondern es iſt auch der Organismus ſehr vieler unter ihnen ſo gebildet, daß eine ſo regelmäßige Umlagerung der inneren Organe mit Fett dem ganzen Bildungsplane widerſprechen würde. So bei den zahlloſen Pökilothermen, deren Muskelſyſtem bei dem Mangel eines innern Skelets ſich an die Haut ſetzen muß. Zeigt ſich hierin auf eine erfreuliche Weiſe die Möglichkeit, die Pökilothermie dieſer Thiere ſchon ihrer Kleinheit wegen nothwendig, auch noch ſonſt als tief in ihrer Organiſation begründet zu begreifen, ſo iſt dagegen bei den pökilothermen Wirbelthieren der Mangel der ſchützenden Bedeckungen nur ein deutlicher Fingerzeig auf die Verſchiedenheit des Naturplanes in dieſer einen Richtung. Es fehlt aber nicht bloß Haar und Feder bei den Amphibien und Fiſchen, es liegt nicht bloß in der Regel die Haut den Muskeln dicht auf, ohne Fettlager, ſondern bei den Fiſchen iſt es durch die Maſſe von Waſſer, welche mit dem Kiemenblute ſtets in Berührung kommt und daſſelbe abkühlt, evident, daß ſchon eine ſehr bedeutende Wärmebildung erforderlich iſt, um eine geringe eigene Wärme des Fiſches nachweisbar zu machen, und daß es ganz außerhalb des Naturplanes liegt, bei dieſen Thieren die ſelbſtgebildete Wärme weiter zu benutzen.

Die beiden Hauptmittel, die Wärmeableitung zu beſchränken, ſind nicht immer in gleicher Weiſe neben einander angewandt und haben auch verſchiedenen Nutzen. Die Fettſchichten, welche die Wärmemittheilung an die Haut beſchränken, haben dadurch einen beſondern Werth, von welchem weiterhin die Rede ſeyn wird, einen Werth, welcher ſich auf die Schwankungen der äußern Temperatur und der Wärmebildung im Innern bezieht. Es gibt aber auch gewiſſe Verhältniſſe, in welchen dieſe Fettſchichten das Hauptmittel zur Beſchränkung der Ableitung überhaupt ſind. Dieß iſt beſonders bei den Waſſerſäugethieren der Fall. Die Behaarung der Säugethiere beſchränkt die Wärmeverluſte, indem ſie in der unmittelbaren Umgebung des Körpers eine Luftſchicht mehr oder weniger feſthält, welche als ſchlechter Wärmeleiter wirkt. Ein vom Waſſer durchtränkter Pelz würde nicht mehr als ſchlechter Wärmeleiter wirken. So iſt es bei den Waſſerſäugethieren unnöthig geworden, ihre Haut mit einer Behaarung zu bedecken, welche außerdem der Schwimmbewegung hinderlich ſeyn möchte. Selbſt die nicht ausſchließlich auf das Waſſer angewieſenen Phoken haben nur kurzes, ſtraffes, meiſt auch nicht dichtes Haar. Nur bei den Jungen gewiſſer Arten, welche eine Zeitlang nach der Geburt noch nicht in's Waſſer gehen, findet ſich während dieſer Zeit ein Wollpelz. Bei dieſen Thieren müſſen die Fettſchichten als ſchlechte Wärmeleiter eine bedeutende Rolle ſpielen. Damit ſcheint es auch in zweckmäßiger Beziehung zu ſtehen, daß die Fettmaſſen der Cetaceen ſo beſonders leichtflüſſiger Art ſind. Wären ſie normal durch eine noch weiter nach Außen liegende Schicht eines ſchlechten Wärmeleiters gegen tiefes Sinken der Temperatur geſchützt, ſo dürften ſie einen höher liegenden Schmelzpunkt haben,

ohne daß daraus der Uebelstand hervorginge, daß sie durch Erstarrung auf die Muskeln, überhaupt auf die Bewegungen des Thieres hinderlich einwirkten. Daß also diese Fettmassen bei einer tiefen Temperatur flüssig oder geschmeidig bleiben, weist darauf hin, daß solche Temperaturen bis in dieses Fett eindringen. Bei den Wasservögeln finden sich dagegen solche Besonderheiten nicht. Sie haben ein Gefieder wie die übrigen Vögel, und es beruht dieß theils darauf, daß eine Federbekleidung schon der Form des Materials nach geeigneter ist, einer Wasserdurchtränkung entgegenzuwirken, eine Luftschicht auch im Wasser festzuhalten, theils darauf, daß doch kein Vogel so vollständig ein Wasserbewohner ist, als die Cetaceen u. s. w. Indem alle Schwimmvögel zeitweise das Wasser verlassen, können sie den Fettüberzug ihres Gefieders erneuern. Auf diesem bessern Schutze gegen die Wärmeableitung, so wie auf dem Umstande, daß die Schwimmvögel doch gewöhnlich nur auf dem Wasser schwimmen, selten ganz untergetaucht sind, also nur an einem Theile ihrer Oberfläche die starke Wärmeentziehung des Wassers erleiden, beruht die Möglichkeit, daß die Kleinheitsgränze der gefiederten Wasserbewohner so viel tiefer liegt, als die der Wassersäugethiere. Auch die kürzere Zeit, welche manche Schwimmvögel auf dem Wasser zubringen, kommt dabei in Anschlag. Zu einer näher eindringenden Beurtheilung des Werthes der verschiedenen Hautbedeckungen der Homöothermen ist bis jetzt noch nicht vorgearbeitet. Man kann nur die verschiedenen Punkte aufzählen, auf welche sich die Aufmerksamkeit zu richten hat: Länge, Feinheit, Dichtheit des Haares, Kräuselung oder Schlichtheit desselben, Glätte oder Rauhigkeit der äußern Fläche, Färbung desselben sind die Umstände, welche diesen Bedeckungen einen verschiedenen Werth verleihen. Die wollige Beschaffenheit der Behaarung bewirkt unter anderen, daß die bedeutenden Haarmassen nicht der Schwere folgend, den Rücken des Thieres entblößen, daß sie nicht durch den Wind in Unordnung gebracht werden können u. s. w. Das Schaaf kommt noch in kalten Gegenden (z. B. in Island) bei sehr wenigem Schutze gegen die Witterung vortrefflich fort. Bei den Fledermäusen, welche durch ihre Bewegungsweise der abkühlenden Wirkung der Luft sehr ausgesetzt sind, tragen vielleicht die eigenthümlichen mikroskopischen Rauhigkeiten ihres sehr feinen Haares dazu bei, dasselbe in bestimmter Lage zu halten. Ein glattes Haar würde wohl leichter vom Luftzuge verweht, Theile des Körpers entblößen, während rauhe Haare an einander haften.

Die Untersuchung der verschiedenen Werthe der Pelze als Wärmeleiter bildet einen schönen Gegenstand künftiger physiologisch-physikalischer Forschung.

Die Horngebilde sind auch nicht über den ganzen Körper eines Thieres in gleicher Weise entwickelt. Das Haar ist sehr gewöhnlich in mehreren der aufgezählten Rücksichten an verschiedenen Theilen des Körpers verschieden und bei den Vögeln finden wir einen Theil der Extremitäten stets das Gefieder überragend, welcher jedoch wegen seiner Dünnheit meist nur geringe Oberfläche darbietet, vielleicht auch wegen niedriger Temperatur nicht geeignet ist viel Wärme an die Luft abzugeben. Ueberhaupt ist neben den bisher aufgezählten Umständen, durch welche ein homöothermes Thier in einer gewissen mittlern Jahreswärme sich selbst eine bestimmte höhere Temperatur erhält, auch die Temperatur der Haut zu erwähnen. Indem diese regelmäßig etwas kälter ist, als die inneren Theile, so verliert sie schon deßhalb weniger Wärme an die kühlere Umgebung, als der Fall seyn würde, wenn der ganze Körper bis an seine äußersten Gränzen stets die hohe Temperatur der inneren Theile besäße, und wenn z. B. die Beine der Vögel normal in ihrer Temperatur bedeutend weniger sich über die Luftwärme erheben, als die inneren Theile, so wird auch der Wärmeverlust an ihrer Oberfläche um so geringer ausfallen müssen. Auch die Verdunstung von der Oberfläche der Thiere ist hier noch zu erwähnen. Denn, so wenig wir auch hierüber wissen, ist doch so viel klar, daß verschiedene Thiere sich in dieser Hinsicht sehr verschieden verhalten. Zum Beweise genügen zwei Hausthiere, das Pferd und der Hund. Ersteres sehen wir sehr leicht mit Schweiß bedeckt und es erleidet dann durch die Verdunstung dieser Feuchtigkeit sehr bedeutenden Wärmeverlust, während man eine ähnliche Erscheinung am Hunde fast nie

beobachtet, der nur durch Oeffnen des Maules und Hervorhängen der Zunge die gewöhnliche Verdunstung der Schleimhäute der Luftwege steigert.

Bis jetzt haben wir nur von durchschnittlichen Verhältnissen gesprochen, welche es bedingen können, daß ein bestimmtes Thier, gegenüber gewissen äußeren Bedingungen, eine bestimmte, oft die Umgebung sehr übertreffende Temperatur bewahren kann. Es sind die Homöothermen durch den Schutz ihrer Bedeckungen, durch ihre Größenverhältnisse u. s. w. von den Pökilothermen verschieden.

Aber die auffallendere Verschiedenheit tritt erst hervor in der Betrachtung des homöothermen Thieres gegenüber den Schwankungen der äußeren Ableitungsbedingungen. Die mittlere Wärme, für welche das Thier nach der bisherigen Betrachtung ausgerüstet ist, findet nur in kleinen Zeitabschnitten wirklich statt, tritt in manchen Jahreszeiten vielleicht Tage und Wochen lang nicht einen Augenblick ein. Ja dieselbe Thierart, dasselbe Individuum, sind im Stande in bedeutend verschiedenen Klimaten, bei verschiedener mittlerer Temperatur zu leben und ihre Wärme zu erhalten. Es müssen also diese Thiere ihre Wärmebildung oder ihre Wärmeverluste oder beides den äußeren Bedingungen anpassen können. Die Erfahrung lehrt, daß zu beiden die Fähigkeit vorhanden ist.

Die zweckmäßigen Veränderungen der Wärmebildung scheinen dadurch bewiesen zu seyn, daß die respiratorischen Funktionen nach verschiedenen Beobachtungen im Durchschnitte bei tieferen Thermometerständen höhere Werthe haben. Es kann dieß auf einer instinktmäßig vermehrten Respirationsthätigkeit beruhen. Man hat auch wohl auf anderen Wegen eine Vermehrung der Sauerstoffaufnahme u. s. w. unmittelbar aus physikalischen Gesetzen abzuleiten gesucht. Man hat gesagt, der Sauerstoff ziehe sich stärker durch die Kälte zusammen, als der Stickstoff. Aber das ist nicht sicher genug bekannt und jedenfalls sehr unbedeutend. Man hat auch gesagt, es müsse bei einem gleich tiefen Athemzuge im Winter überhaupt mehr Luft, also auch mehr Sauerstoff in die Lunge kommen, da die Luft sich im Verhältnisse der Kälte verdichtet. Aber die Luft erwärmt sich schon während der Einathmung sehr rasch. Die kalte Luft, welche in der Nase, im Rachen, in den größeren Respirationswegen mit warmer, feuchter Luft in Berührung kommt, muß einen wässrigen Niederschlag, einen Nebel bewirken und sich durch die bei dieser Verdichtung frei werdende Wärme höher temperiren. Es scheint sonach durchaus zweifelhaft, ob auf diese Weise der Luftgehalt der Lungenzellen, auf die es dann doch ankommen würde, im Winter durchschnittlich bedeutender seyn wird, als im Sommer. Endlich hat man sich noch darauf berufen, daß die warme Luft zu einem größern Antheile aus Wasserdampf bestehe. — Für wichtiger möchten wir immer die instinktmäßigen Steigerungen der Respirationsbewegung halten. Der Mensch weiß ja ohne viel Ueberlegung auch wohl, daß er sich durch gesteigerte Bewegung erwärmen kann. Mit der Steigerung der Bewegung überhaupt nimmt aber auch, wie wir vorhin sahen, die Respiration und der chemische Proceß zu, auf welchem sie beruht. — Wir sehen hierin einen entschiedenen Contrast zwischen homöothermen und pökilothermen Thieren. Jene allgemeinen physikalischen Agentien würden auch bei jenen eine Steigerung der Wärmebildung mit dem Sinken der äußern Temperatur verbinden müssen. Sind aber diese Agentien nun auch überall von einiger Bedeutung, so werden sie jedenfalls durch andere überwogen. Denn bei den Pökilothermen steigt mit der Wärme bis zu einem gewissen Grade auch die Respiration, folglich die Wärmebildung. In diesem gänzlichen Mangel an Compensation zeigt es sich, daß bei ihnen die selbstgezeugte Wärme als werthlos behandelt ist. Es versteht sich von selbst, daß mit solchen Schwankungen der Respirationswerthe, wenn sie für längere Zeit über oder unter dem Mittelwerthe oscilliren sollen, auch Schwankungen der Ernährung verbunden seyn müssen, welche das Material für die Zersetzung zu liefern hat. Dieß würde besonders für die Unterschiede von Winter und Sommer, noch mehr aber für den Aufenthalt in sehr verschiedenen Klimaten wichtig seyn. — Eine Bestätigung für das Vorhandenseyn solcher Verschiedenheiten in zweckmäßigem Verhältniß zu den äußeren Ableitungs-

bedingungen scheint aus der menschlichen Physiologie hervorzugehen, indem die Bewohner kälterer Länder nicht bloß überhaupt mehr Nahrung zu genießen pflegen, sondern auch eine instinctmäßige Vorliebe für ternär zusammengesetzte Nahrungsmittel, für Fett, zu haben scheinen. Bei kalter Zeit hat man mehr Hunger, als bei warmer. Ja, bei dem Vieh, welches keine geheizten Räume und keine solche Wechsel der Bekleidung zur Disposition hat, wie der Mensch, ist die Vermehrung des Hungers im Winter bekannt genug. Auch ist es in der Oekonomie bekannt, daß die Production von Fett, Milch u. s. w. durch strenge Kälte unterbrochen wird. Fette Gänse schlachtet man beim Eintritte zu strenger Kälte ab, weil sie sonst wieder abmagern würden, d. h. ihre Verdauungswerkzeuge sind nicht im Stande, das nöthige Verbrennungsmaterial zu liefern. Ein warmer Stall ist wichtig für den Milchertrag und das Mästen. Ja, es beruht die Sitte, mancherlei kleineres Vieh, selbst Schweine (Island) in menschliche Wohnungen im Winter zuzulassen, auf solchen praktischen Erfahrungen.

Indessen sind weit in die Augen fallender, als die zweckmäßigen Veränderungen der Wärmebildung, die zu gleichem Zwecke eintretenden Veränderungen der Wärmeableitungsbedingungen, welche von Seiten des Thieres durch Instinkt oder organische Thätigkeiten den Oscillationen des Klimas oder der äußeren Ableitungsursachen entgegen wirken. Manche der Thätigkeiten, die man hieher rechnen könnte, haben wir schon oben angeführt; es sind Thätigkeiten, durch welche das Thier in einer bestimmten Gegend die Einwirkung der Kälte oder Wärme aufsucht; es sind die Thätigkeiten also, durch welche das Klima für ein bestimmtes Thier zu einem andern wird, als für ein anderes, zu einem andern, als wir es nach den Thermometerbeobachtungen der Meteorologen der Gegend zuschreiben müßten, in welcher das Thier lebt. Aufsuchen von Sonne oder Schatten, Schutz gegen Regen und Wind, oder Mangel desselben, Nester und Höhlen u. s. w. gehören zu diesen Mitteln. Wichtig für so viele Vögel ist dann besonders das Wandern, welches sie großentheils dem Wechsel der Jahreszeiten ganz zu entziehen vermag. Ebenso wichtig für manche Säugethiere ist der Winterschlaf, durch welchen sie zwar nicht den Einwirkungen der kältern Jahreszeit entzogen, aber unempfindlich dagegen werden. Beide Erscheinungen sind indessen nicht bloß im Verhältniß zum Wärmebedürfniß zu verstehen, sondern es ist dabei die Rücksicht auf die Wärme mit der Rücksicht auf Nahrung combinirt, und bald mag die eine bald die andere vorwiegen. Ein großer Theil der Nahrung aus dem Pflanzenreiche fehlt vielen Gegenden im Winter, und so zieht sich auch die niedere Thierwelt theils zurück in verborgene Orte, theils stirbt sie aus. Da müssen denn auch die homöothermen Thiere einschlafen oder auswandern und die kleinen unter letzteren ziehen wohl manchmal größere nach sich, welche wieder auf sie als Nahrung angewiesen sind.

Den Wechsel kalter und warmer Jahreszeit einigermaßen auszugleichen, dient bei vielen Thieren der Wechsel der äußeren Bedeckungen; im Herbste bildet sich ein dichteres längeres Haar, ein wärmeres Gefieder und geht im Frühjahre wieder verloren. Die Haltung des Körpers der Thiere dient sehr gewöhnlich, namentlich für kleinere Thiere dazu, die wärmeverlierende Oberfläche nach Umständen zu vermindern. Die zusammengeballte Lage, welche wir vielfach bei Säugethieren bemerken, ist noch besonders dadurch wirksam, daß durch sie vorzüglich die Theile der Oberfläche verkleinert oder verdeckt werden, welche mit schwächerer Behaarung versehen sind.

Diese zahlreichen Mittel, welchen sich für den Menschen und theilweise für seine Hausthiere noch manche andere künstlichere anschließen, reichen indeß noch keineswegs aus, um die Erscheinung der Homöothermie möglich zu machen, um den beständigen Schwankungen der äußeren Ableitungsbedingungen entgegen zu wirken. Diese Unzulänglichkeit ist, abgesehen von anderen Beweisen, hinreichend klar dadurch, daß noch ein anderes Mittel in steter sichtbarer Thätigkeit ist, um den inneren Theilen eine gleiche Wärme zu bewahren. Dieses Mittel besteht in der Veränderlichkeit der Wärme der äußern Haut und großentheils auch

wohl der Extremitäten, so wie in den Wechseln der Verdunstung. Geht man von der einfachen Grundlehre aus, daß der Verlust eines wärmern Körpers an eine kühlere Umgebung immer um so größer ist, je größer die Temperaturdifferenz, eine Grundlehre, welche uns bei jedem Schritte auf diesem Gebiete gegenwärtig seyn muß, so ist es augenblicklich klar, daß die Thiere immer um so weniger Wärme in einer bestimmten Zeit verlieren, je kühler, um so mehr, je wärmer ihre Oberfläche ist. In dieser Hinsicht ist nun besonders die Fettschicht unter der Haut wichtig. Sie bewirkt, daß die Wärmeausgleichung zwischen der Haut selbst und den inneren Theilen hauptsächlich durch eine organische Thätigkeit, den Blutkreislauf, vermittelt wird. Es brauchen sich nur die Blutgefäße der Haut mehr zu contrahiren, so muß die Haut sich abkühlen und die Wärmeverluste des Körpers nehmen ab. Erweitern sie sich dagegen, strömt reichliches Blut durch die Hautgefäße, so wird die Haut wärmer und gibt mehr Wärme nach Außen ab. Genügt aber auch dieß noch nicht, so kann neben dieser Veränderung und über sie hinaus die Wirkung der Transpiration den Wärmeverlust noch bedeutend steigern. Diese stets wirksamen Thätigkeiten vermögen nun innerhalb gewisser Verhältnisse auf das Genaueste die richtige Vermittlung zwischen der Wärmebildung und den äußeren Bedingungen herzustellen. Daß sie es nicht nur vermögen, sondern auch wirklich hauptsächlich thun, das ergibt sich mit solcher Bestimmtheit aus einer Ueberlegung der alltäglichsten Erfahrungen, aus den Umständen, unter welchen sich die Temperatur der Haut ändert, daß man nicht nöthig haben wird, hier näher darauf einzugehen. *)

Bedeutendere Abkühlungen bleiben aber auch nicht auf die Haut beschränkt sie durchdringen die Extremitäten und dringen auch wohl in die Muskelschichten des Rumpfes einigermaßen ein, ohne noch funktionelle Störungen zu veranlassen. Diese Zustände sind indessen dem Gefühle schon sehr lästig und der Instinkt oder die Intelligenz müssen dann anderweite Mittel zur Beschränkung der Wärmeableitung herbeibringen, da ein weiteres Eindringen der Abkühlung in den Körper und ein tieferes Sinken der Temperatur der Muskeln und Nervenstämme endlich die Thätigkeiten hemmt.

Die wichtige Rolle, welche die Empfindung der Kälte und Wärme spielt, um die Thätigkeiten des Menschen und der Thiere, welche seine Wärmebildung und Verluste den Umständen anpassen können, richtig zu bestimmen, bedarf keiner Erläuterung. Die gewöhnlichste Erfahrung lehrt zu deutlich, daß eben hierin der Zweck jener Empfindung liegt. Eine Temperatur erscheint uns alsdann angenehm warm oder angenehm kühl, wenn sie dem augenblicklichen Ableitungsbedürfnisse und den im Zustande der Haut gegebenen Ableitungsbedingungen zusammen genügend entspricht. Stets aber finden wir eine Temperatur sehr warm, wenn sie sich der Wärme unserer inneren Theile nur annähert, da sie die Ableitung erschwert, so daß eine bedeutende Erhitzung der Haut oder Schweiß nöthig wird, um die Ableitung zu unterhalten. Uebrigens empfinden bekanntlich verschiedene Menschen, so wie Menschen und Thiere in dieser Hinsicht sehr verschieden. Auch kann eine und dieselbe mittlere Temperatur uns zu einer Zeit kühl, zu einer andern warm erscheinen. Treten wir mit einer bedeutend abgekühlten Haut Winters in einen geheizten Raum, so erscheint derselbe augenblicklich vielleicht sehr heiß, weil die Haut in ihrem dermaligen Zustande nicht Wärme in denselben ausgeben kann, sondern vielleicht sogar empfängt. Dieß Gefühl ist besonders stark, wenn durch eine kräftige vorhergegangene Körperbewegung die Wärmeerzeugung sehr gesteigert war. Die Haut wird nun rasch erhitzt, erst von Innen und Außen, dann allein von Innen. Mit der Ruhe nimmt aber alsbald die Wärmebildung ab und vielleicht um so mehr, je mehr sie vorher in Anspruch genommen war, so daß derselbe Raum, der uns Anfangs unleidlich heiß erschien, nach einer Stunde unangenehm kalt befunden wird. So sehr wir indessen die Empfindungen des Kalt und Warm in causaler Verbindung mit der Natur der homöothermen Thiere erblicken, so fehlen sie doch offenbar auch pökilothermen Thieren nicht.

*) Vergl. Müller's Arch. 1845. S. 300 ff.

Wir sehen ja oft genug z. B. die Stubenfliegen den Sonnenschein oder den warmen Ofen aufsuchen. Eine Wärme, welche ihre Funktionen bis zu einem gewissen Grade steigert, muß ihnen ein angenehmes Gefühl verursachen. Aber wir haben durchaus keine Ursache anzunehmen, daß die Empfindung bei diesen Thieren denselben schwankenden, nach Bedürfniß der Ableitung bestimmten Charakter hat, als bei den Homöothermen. Daß bei letzteren die Verhältnisse ähnlich, wie bei dem Menschen sind, wäre schon im Allgemeinen wahrscheinlich. Aber es wird auch nicht leicht Jemand an specielleren Erfahrungen dafür fehlen; wie z. B. Hunde, welche für gewöhnlich das Wasser scheuen, nach einer starken Erhitzung sich ohne Umstände in den ersten kalten Bach werfen u. s. w. So ist also die Homöothermie das Resultat einer Mehrzahl von veränderlichen und unveränderlichen Factoren. Dem einzelnen Thiere ist eine Oberfläche mit bestimmter Ausdehnung, mit bestimmter Bedeckung gegeben, neben dem Bedürfniß, gewissen Theilen seines Innern eine bestimmte Temperatur zu erhalten und einer steten Wärmebildung. Bis zu einem gewissen Grade vermag es innerhalb eines bestimmten Klimas die Wärme seiner nächsten Umgebung durch Aufsuchen wärmerer oder kühlerer Localitäten zu bestimmen. So weit dieß aber für den Zweck noch nicht ausreicht, müssen zweckmäßige nähere Bestimmungen der Wärme der äußeren Körpertheile, namentlich der Haut und ihrer Ausdunstung, so wie zweckmäßige Modificationen der Wärmebildung eintreten. — Ueberblicken wir hiernach nun noch einmal die Reihe der Thiere in ihren Verhältnissen zur Wärme, so finden wir

A. unter den Pökilothermen, mit Ausnahme solcher Thiere, welche durch Geselligkeit sich eine bedeutende eigne Temperatur zu sichern im Stande sind, nur Thiere, welche nahezu die Wärme ihrer Umgebung besitzen. Dabei müssen nun aber ihre Funktionen wesentlich verschieden seyn, je nachdem diese äußere Umgebung eine gleichmäßige oder eine ungleichmäßige Wärme besitzt, je nachdem im ersten Falle diese Wärme eine hohe, mittlere oder niedrige ist. — Die Thiere, welche stets in einer hohen Temperatur leben, können dabei möglicherweise von dieser hohen Temperatur eben so abhängig seyn, als die homöothermen Thiere von ihrer großentheils selbstgebildeten Wärme sind. Die Thiere, welche in sehr wechselnden Temperaturen als pökilotherme leben, haben die Fähigkeit, auf Kosten ihrer Lebhaftigkeit auch bei geringer Wärme auszudauern; die Pökilothermen aber, welche stets in sehr tiefen Temperaturen leben, wie die zahllosen Mollusken, Crustaceen u. s. w. in kalten Zonen, müssen offenbar Verschiedenheiten in ihrem Lebensprocesse haben, durch welche es ihnen möglich wird, daß dieselben in so kalten Körpern vor sich gehen. Sie stehen in dieser Hinsicht einzig da, denn

B. die Homöothermen sind sämmtlich von einer gleichmäßigen Wärme ihres innern Körpers so abhängig, daß sie bei einem Sinken derselben, wenn sie nicht Winterschläfer sind, sterben müssen. — Es scheint aber aus dieser Vergleichung deutlich sich zu ergeben, daß es in der Natur nicht möglich war, in einem und demselben thierischen Körper die Fähigkeit herzustellen, daß derselbe bei hohen und niederen wechselnden Temperaturen seiner edleren Organe eine gleichmäßige Energie der Funktionen bewahre. Sollten daher die Gegenden der Erde, welche sehr wechselnde Winter- und Sommerwärme besitzen, mit einer das ganze Jahr hindurch rüstigen Thierwelt versehen werden, so war eben ein solcher Plan nothwendig, das Lebensgetriebe selbst so viel Wärme bilden zu lassen und überhaupt die Homöothermen mit all den Mitteln auszurüsten, als deren Resultat die Homöothermie erscheint. — Ziehen wir eine Parallele zwischen den Thieren und Pflanzen in Beziehung zum Wärmebedürfniß, so werden wir die Homöothermen und diejenigen Pökilothermen, welche stets in einer gleichen hohen Temperatur leben müssen mit den tropischen Pflanzen, die Pökilothermen mit winterlicher Unterbrechung ihrer Funktionen den Pflanzen vergleichen, welche ihre Blätter im Herbste abwerfen, und endlich die Pökilothermen, welche stets in niederer aber wenig wechselnder Temperatur leben (in der See am Rande des Eises) mit den pflanzlichen Organismen, welche unter ähnlichen Bedingungen noch leben.

Stellen wir uns aber noch schließlich die (bis jetzt sehr vernachlässigte) Frage, welche Funktionen in uns es sind, deren Fortgang zunächst gehemmt wird, wenn eine tiefere Temperatur die inneren Organe ergreift, welchen Nutzen also die Homöothermen von ihrer Wärmeökonomie haben, auf welche Vorgänge die Wärme direkt einwirkt, um das pökilotherme Thier zu lebhafteren Lebensäußerungen zu befähigen, so kann die Antwort zwar keine erschöpfende seyn, aber es lassen sich doch sehr bedeutende Aussichten eröffnen. Wir werden hier zunächst uns erinnern müssen, daß auch die Lebenserscheinungen der Pflanzen in hohem Maße von der Wärme abhängen und daß Thiere und Pflanzen diese Abhängigkeit mit Vorgängen theilen, welche auch außerhalb dieser Organismen vorkommen: der chemische Proceß und die Bewegung von Flüssigkeiten zwischen festen Theilen, sey es durch sichtbare Röhrchen und Spalten, sey es auf Wegen, welche das Mikroskop nicht erreicht, sind überall sehr von der Wärme bedingt. Wo wäre der chemische Proceß, welcher nicht von gewissen Temperaturgraden gefördert, von anderen gehemmt oder unmöglich gemacht würde? Den Einfluß der Wärme auf die Bewegung von Flüssigkeiten durch feine Röhrchen hat man experimentell nachgewiesen und die Verschiedenheit der Resultate des endosmotischen Processes, je nach den Temperaturen, bei welchen man experimentirt, ist als bedeutend ebenfalls bekannt. Da nun chemischer Proceß und Bewegung des Flüssigen im Körper für Grundlage aller anderen Funktionen gelten dürfen, so ist es kein Wunder, wenn wir alle Lebenserscheinungen bei gewissen Wärmegraden rascher, bei anderen langsamer vor sich gehen sehen. Als besondere Erscheinungen, in welchen der Einfluß der Wärme als beschleunigend und erhöhend für Lebensvorgänge deutlich hervortritt, nennen wir: Die Abhängigkeit der Entwicklung des Eies von der Wärme. Das frischgelegte Ei des Vogels kann bekanntlich längere Zeit bei kühler Temperatur liegen, ohne weder seine Keimfähigkeit zu verlieren, noch sich weiter zu entwickeln. Die Brutwärme ist nöthig, um es im gehörigen Entwicklungsgange zu erhalten. Die Eier der pökilothermen Thiere entwickeln sich auch bei tieferen Temperaturen. Aber die Entwicklung ist dann eine sehr verzögerte; die Froscheier entwickeln sich in Italien rascher, als bei uns, die Palée, deren Eier sich im Winter entwickeln, braucht Monate zum Durchlaufen von Entwicklungsstufen, welche von anderen Fischen ähnlicher Größe im Sommer in viel kürzerer Zeit zurückgelegt werden. — Diese Erfahrungen haben immer einigen Werth, gegenüber von einseitigen Auffassungen. Die Zustände des Eies, in welchem sich hier die Wärme so wirksam zeigt, bieten nur das einfachste Zellenleben dar, wie die Pflanze. Es sind Tränkungsprocesse, Zellenbildung, chemischer Umsatz allein, auf welche es hier ankommt. Es versteht sich also, daß wir der Wärme auch Einfluß auf dieselben Grundvorgänge im entwickelten Körper zugestehen. Nebenbei leidet es aber keinen Zweifel, daß die später erst sich entwickelnden physiologischen Vorgänge ebensowohl dem Einflusse der Wärme zugänglich sind. Wenn wir sehen, daß die künstliche Verdauung bei gewissen Wärmegraden am raschesten vor sich geht, bei tieferen immer langsamer, so wird es uns schon sehr wahrscheinlich seyn, daß die Winterschläfer auch bei zunehmender Winterkälte gar nicht mehr oder sehr langsam verdauen werden. Die Erfahrung scheint dieß zu bestätigen. Ebenso wenig können wir nach den schon erwähnten Versuchen in Abrede stellen, daß die Circulation des Blutes (namentlich wo es ein enges Haargefäßsystem gibt) durch die Wärme sehr gefördert werden muß. Dieß freilich ganz allein hervorzuheben, wie vor einiger Zeit ein französischer Arzt gethan, ist eine starke Einseitigkeit. Was wir eben über die Entwicklung der Eier gesagt haben, genügt als Gegenbeweis. Zugleich diene aber diese verkehrte Behauptung unserer obigen Bemerkung, daß die Wirkungen der Wärme noch zu wenig ernstlich bearbeitet worden sind, als Beleg. — Endlich ist auch ein Einfluß der Wärme auf das Nervensystem nicht zu verkennen. Wenn unser Arm durchkältet ist, so sind die Finger steif, ihre Bewegungen haben weder Kraft noch Sicherheit. Hier bleibt freilich zu ermitteln übrig, ob die Nerven oder die Muskeln es sind, welche den Einfluß der Kälte erfahren. Da beider Thätigkeit nicht ohne chemischen Proceß

geschehen kann, so ist es wahrscheinlich, daß beide dem Einfluß der Wärme unterworfen seyn werden. Daß es das Nervensystem sicher ist, geht aber außerdem daraus hervor, daß auch die Bestimmtheit der Empfindung leidet, daß Menschen, welche dem Tode durch Kälte nahe sind, schlafsüchtig werden u. s. w.

Möchte nun vielleicht Jemand annehmen, daß dieß nur sekundäre Erscheinungen, in Folge gehemmter Blutbewegung wären, so können wir den Gegenbeweis am Herzen selbst führen. Im ausgeschnittenen Froschherzen ist natürlich keine Blutbewegung durch die Capillaren mehr vorhanden. Dennoch pulsirt es rascher, wenn wir es erwärmen. Was aber am Herzen sich zeigt, muß auch von anderen Muskeln wahr seyn. Dieß Experiment muß uns auch davor warnen, den durch die Kälte verlangsamten Blutlauf in der Schwimmhaut des Frosches nicht bloß, wie jener Franzose, aus der Vermehrung der Reibung in den Capillaren herleiten zu wollen. Die geschwächte Thätigkeit des Herzens hat ihren großen Theil daran.

VI. Die Aufnahme von Wasser in das Innere des Körpers.

In der Einleitung zu unserm Werke ist auf die große Bedeutung des Wassers für den thierischen Körper und dessen Lebensäußerungen aufmerksam gemacht worden, bemerkt, wie dasselbe nicht bloß ein hauptsächliches Menstruum für die Säfte sey, sondern auch mehr oder weniger reichlich in die Zusammensetzung aller festen Theile eingehe, wie es endlich das Spiel jener manchfachen endosmotischen Erscheinungen möglich mache, auf denen im Wesentlichen die nutritiven Vorgänge des thierischen Lebens beruhen. Ohne Wasser wäre weder die Auflösung der eingenommenen Nahrungsmittel, noch die Assimilation und Blutbereitung, noch die Ernährung, Absonderung und Respiration denkbar. In den Kapiteln über Nahrungsaufnahme und Ausscheidung haben wir ferner gesehen, wie die letzteren nothwendig mehr oder weniger Wasser dem Körper entführen. Der Wassergehalt der Speise oder ein besonderes neben dem Fressen stattfindendes Saufen hat diesen Verlust zu ersetzen.

Bei sehr vielen pökilothermen Wasserthieren tritt nun aber das Medium, in welchem sie leben, auf eine Weise in den Körper hinein, welche hie und da vielleicht noch besondere Zwecke vollziehen mag, jedenfalls aber nicht wenig Aufsehen veranlaßt und mancherlei verschiedene Auffassungen in neuerer Zeit erfahren hat. Diese der Form nach eigenthümliche Art der Wasseraufnahme und des Wassergehaltes der Thiere ist es, mit welcher wir uns hier beschäftigen wollen. Wir haben diesem Gegenstand hier seinen Platz angewiesen, weil wir es wahrscheinlich finden müssen, daß diese der Form nach eigenthümlich erscheinenden Verhältnisse des Wassers zu den Körpern der Wasserthiere sowohl mit der Ernährung als mit der Ausscheidung in wichtiger Beziehung stehen. — Wir müssen wohl annehmen, daß diese pökilothermen Wasserbewohner ebensowohl als andere Thiere bei ihren Ausscheidungen Wasser verlieren, welches zu ersetzen ist. Ja es liegt die zwar vage, dennoch aber nicht schlechte Vermuthung nahe, daß bei diesen Geschöpfen das Wasser, welches sie so leicht in Menge haben können, zu ganz besonderer Bequemlichkeit der organischen Processe gereichen möge.

Die Wasseraufnahme bei diesen Thieren geht nun, außer durch den Darmkanal, auch noch auf anderem, und zwar auf doppeltem Wege vor sich, einmal durch die Haut, und dann durch besondere in die Leibeshöhle führende Zugänge.

Schon bei den Landthieren ist die äußere Haut im Stande, das Wasser, mit dem sie längere Zeit in Berührung kommt, einzusaugen und den Blutgefäßen zu überliefern. Man hat durch genaue Untersuchungen nachgewiesen, daß z. B. die menschliche Haut bei jedem Bade eine gewisse, allerdings nur unbedeutende Quantität Wasser aufnehme. Bei den meisten Landthieren kommt die Haut indessen in dieser Hinsicht nur wenig in Betracht, theils weil diese Thiere durch Lebensweise, durch Wohnort und Sitten der äußern Einwirkung des Wassers entzogen sind, theils auch, weil die Haut zum Zwecke des Schutzes, der Wärme-

ökonomie u. s. w. eine Einrichtung bekommen hat, welche die Fähigkeit der Wasseraufnahme, selbst bei günstigen äußeren Bedingungen, sehr beschränken mußte. Die Bekleidung mit Haaren und Federn, die Entwickelung von Schwielen, Schuppen, Hautknochen u. s. w. konnte nur auf Kosten dieser Fähigkeit geschehen. In manchen Fällen können wir nun aber auch bei den Landthieren die Bedeutung der Haut für die Wasseraufnahme nicht in Abrede stellen. Wenn die äußeren Bedeckungen durch ihre physikalischen Eigenschaften, durch Dünne, Weichheit, Nacktheit u. s. w. dem Durchtritt des Wassers keine mechanischen Schwierigkeiten bieten, wenn Bau und Lebensweise einen Aufenthalt im Feuchten gestatten, dann vertritt schon hier die Aufnahme des Wassers durch die Haut die sonst übliche Aufnahme durch den Darmkanal. Kröten und Salamander, Schnecken und Regenwürmer, Kellerassel, Spinnen und viele Insekten suchen eine feuchte Umgebung und verdorren allmählig bei einem längern Aufenthalt im Trockenen. Man mag allerdings vielleicht die Beweiskraft dieser Thatsache für eine wirklich stattfindende Wasseraufnahme in Abrede stellen. Man könnte vermuthen, daß die Ursache des Todes hier weniger in der mangelnden Wasseraufnahme durch die Haut liege, als vielmehr in dem größern Wasserverlust, der ja bekanntlich überall von dem Grade der äußern Feuchtigkeit abhängt. Allein auch auf direkte Weise können wir uns von der Existenz der Wasseraufnahme durch die Haut bei diesen Thieren überzeugen. Wir sehen, wie z. B. Schnecken und Frösche, die in trockener Luft eingeschrumpft sind, durch ein Baden im Wasser sehr bald anschwellen und schwerer werden. — Sehr viel allgemeiner ist indessen die Wasseraufnahme durch die äußere Haut bei denjenigen Thieren, die ihren beständigen Aufenthalt im Wasser haben. Schon mehrfach haben wir bei diesen Geschöpfen auf die Wichtigkeit der endosmotischen Vorgänge an der äußern Körperhülle hinweisen müssen, bei der Nahrungsaufnahme, der Respiration, der Abscheidung, die mehr oder minder ausschließlich, wie wir gesehen haben, dadurch vermittelt werden können. In der Wasseraufnahme tritt uns jetzt eine neue wichtige Beziehung der Haut zu den vegetativen Lebenserscheinungen entgegen. Es ist übrigens auch bei den Wasserthieren diese Fähigkeit der Wasseraufnahme von der jedesmaligen Beschaffenheit der Haut abhängig und oftmals in einem höhern oder geringern Grade, je nach den Umständen, beschränkt. Auch hier sehen wir ja häufig, daß sich die Haut zum Zwecke des Schutzes und der Locomotion ansehnlich verdickt, daß sie zu einem festen Panzer erstarrt, mit Schuppen und Knochenschildern sich ausrüstet oder mit einer dicken Schicht von Schleim sich überzieht. Und alle diese Vorrichtungen müssen auch hier die Einsaugung des Wassers beeinträchtigen.

Wo eine Kiemenrespiration vorkommt, da finden sich freilich überall bestimmte Theile, die für einen endosmotischen Austausch zugänglich sind, und diese mögen denn auch wohl beständig, selbst da, wo die übrige Fläche der Haut sich nicht weiter betheiligen kann, eine Wasseraufnahme vermitteln. Allein in vielen Fällen wird diese nicht ausreichen, und dann verlangt das Wasserbedürfniß noch anderweitige Vorrichtungen.

Um solchem größern Bedürfniß zu entsprechen, gelangt nun das Wasser sehr häufig durch bestimmte Zugänge in die Leibeshöhle hinein, wo es die einzelnen Organe umspült und auf das Blut einwirkt, indem es damit entweder durch die Gefäßwandungen hindurch in einen endosmotischen Austausch tritt oder selbst unmittelbar sich mischt.

Schon bei manchen höheren Thieren stoßen wir auf derartige Vorrichtungen. So besitzen die Schildkröten und Krokodile, deren äußere Bedeckungen für eine Wasseraufnahme sehr ungünstig gebaut sind, an der Wurzel der männlichen und weiblichen Ruthe ein paar verschließbare Oeffnungen, die durch die sog. Peritonealkanäle in die Leibeshöhle führen und dem Wasser den Eintritt gestatten. Aehnliche Oeffnungen finden sich in der Analgegend vieler Fische, bei den Plagiostomen und Ganoiden, bei den Rundmäulern, Aalen und Salmonen, doch dienen diese nicht überall ausschließlich zur Aufnahme des Wassers, sondern auch in manchen (namentlich den zuletzt erwähnten) Fällen, bei gleichzeitiger Abwesenheit der Ausführungsgänge an den Genitaldrüsen, zum Austritt von Spermatozoen und Eiern.

Bei dem merkwürdigen Amphioxus gelangt das Wasser durch die Kiemenspalten in die Leibeshöhle, um dann durch den Porus abdominalis wieder abzufließen. Wir wollen es unentschieden lassen, ob die Flimmerbekleidung, die man bei manchen dieser Fische (namentlich den weiblichen Thieren) auf der Peritonealhülle der Leibeshöhle entdeckt hat, für die Bewegung des Wassers in diesem Raume da sey oder für die Fortleitung der Geschlechtscontenta; jedenfalls aber wird man leicht einsehen, daß sie für die Contactbeziehungen zwischen Wasser und Blut nicht gänzlich gleichgültig sey. Bei den Rochen und Haien gelangt das Wasser sogar in den Herzbeutel hinein, der an seiner Spitze mit der Leibeshöhle communicirt.

Viel häufiger ist der Eintritt des Wassers in die Leibeshöhle bei den wirbellosen Wasserthieren, vielleicht selbst überall verbreitet, obgleich wir bei einigen derselben (namentlich den Crustaceen) darüber noch keine bestimmtere Auskunft haben.

Unter den Würmern besitzen die Chätopoden zu diesem Zwecke besondere zwischen den einzelnen Segmenten gelegene Oeffnungen, die in die Leibeshöhle hineinführen. Bei den Bryozoen ist nur eine einzige derartige Oeffnung vorhanden, in der Nähe des Afters, bei Räderthieren im Nacken und hier öfters (Fig. 100 c) am Ende einer eigenen Röhre (sipho).

In einigen Fällen sind zur regelmäßigen Strömung und Erneuerung des Wassers in der Leibeshöhle der Würmer noch weitere Vorrichtungen getroffen worden. So findet sich bei Aphrodite im Innern dieses Raumes ein dichtes Flimmerepithelium, das sogar die äußere Fläche des Darmkanales überzieht. Auch die Bryozoen besitzen eine Ciliarbekleidung der innern Leibeswand, wie schon früher bemerkt wurde, während die Räderthiere dafür nur eine Anzahl von Flimmerläppchen, die auf zwei bandförmigen Längswülsten angebracht sind, in der Leibeshöhle enthalten. Diese Seitenbänder sind aber nicht einfache Erhebungen, sondern vielmehr von einem Längskanale durchzogen, der an der Basis der einzelnen Flimmerläppchen durch kurze Querkanäle in die Leibeshöhle ausmündet. Durch eine besondere contractile Blase, die mit der Cloaköffnung communicirt und die Endtheile dieser Seitenkanäle aufnimmt, wird der flüssige Inhalt der Leibeshöhle nach Außen geschafft.

Auch bei den Mollusken können wir sehr allgemein besondere Oeffnungen zum Eintritt des Wassers in die Leibeshöhle nachweisen. Sie liegen in wechselnder Zahl und Größe bei den Gasteropoden und den zweischaligen Schnecken gewöhnlich am Rande des Fußes, seltener in der Gegend des Afters oder am hintern Leibesende. Bei den Cephalopoden haben sie ihre Lage am Kopfe, zwischen den Armen, an den Seiten des Trichters u. s. w. Die Oeffnungen führen in die wandungslosen Lacunen des venösen Circulationsapparates, nicht unmittelbar, wie sonst gewöhnlich, in die Leibeshöhle hinein. Das eingetretene Wasser mischt sich sogleich mit dem Blute.

Die Cephalopoden besitzen außerdem noch ein besonderes System von Hohlräumen zwischen den Eingeweiden des Abdomen, welches sich von der Kiemenhöhle aus mit Wasser füllt, doch ohne mit der Leibeshöhle, wie es scheint, in einem direkten Zusammenhang zu stehen. Die Haupttheile dieses Apparates sind die birnförmigen Blasen, welche die harnabsondernden Venenanhänge umfassen. Ihr Inhalt dient vielleicht zum Auswaschen des Harnes.

Die Echinodermen nehmen das Wasser sehr allgemein in ihre Leibeshöhle auf, wo es durch die Action eines Flimmerepitheliums in beständiger Strömung erhalten wird.

Die Oeffnungen zum Eintritt des Wassers liegen bei den Sipunculiden am Hinterleibsende, bei den Holothurien dagegen wahrscheinlich neben den Tentakeln. Bei den Haarsternen sind sie ansehnliche Spalten, die paarweise zwischen den Armen liegen, während sie bei den Asterien in sehr beträchtlicher Menge auf der Analfläche des Körpers stehen und von kleinen contractilen Röhrchen (den sog. Tracheen) umgeben sind.

Ebenso allgemein wird das Wasser von den Medusen und Polypen in die innere Leibeshöhle aufgenommen und zwar theils durch die Mundöffnung, die, wie wir gesehen haben, in den meisten Fällen nichts Anderes ist, als eine äußere Oeffnung der Leibeshöhle, theils auch durch zahlreiche kleine Löcher, die an verschiedenen Stellen die Leibeswand durchbohren.

Bei den Protozoen macht der Mangel einer Leibeshöhle eine solche Aufnahme des Wassers unmöglich. Hier wird die Imbibitionsfähigkeit der Haut für das Wasserbedürfniß ausreichen, wie überall da, wo ein gleiches Verhältniß wiederkehrt, wie namentlich bei den Strudelwürmern. Das Wasser durchdringt hier den ganzen Körper und mag bei den letzteren zum Theil durch das merkwürdige, gefäßartig verästelte Excretionsorgan, welches bei den Infusorien unter der Form einer contractilen Blase vorzukommen scheint, wieder abfließen.

Wenn wir die voranstehenden Bemerkungen über die Aufnahme des Wassers in die Leibeshöhle bei den verschiedenen Thieren vergleichen, so muß es uns auffallen, daß dieselbe so sehr allgemein und fast völlig unabhängig von der Beschaffenheit der äußern Haut ꝛc. verbreitet ist. Bei den Korallenpolypen ist sie dieselbe wie bei den gallertartigen Medusen, bei den bepanzerten Seeigeln dieselbe wie bei den zarthäutigen Würmern. Und dennoch haben wir bemerkt, daß die Wasseraufnahme in die Leibeshöhle einen Ersatz für die mangelnde oder gehinderte Imbibition durch die äußeren Bedeckungen darstelle.

Indessen wird unsere Behauptung durch diesen Umstand noch keineswegs widerlegt. Wir können nur daraus abnehmen, daß das in der Leibeshöhle enthaltene Wasser auch noch andere Aufgaben habe, als die, welche wir bisher erwähnten, und daß diese Aufgaben auch da erfüllt werden mußten, wo schon durch die Wasseraufnahme der Haut dem nutritiven Wasserbedürfniß abgeholfen ist. Und zu dieser Annahme zwingen uns noch mancherlei andere Thatsachen. So sehen wir bisweilen, daß zur schnellen Erneuerung des Wassers gewisse Vorrichtungen getroffen sind, die geradezu unnöthig wären, wenn dasselbe nur zum Ersatz des bei der Secretion ꝛc. verloren gehenden Wassers dienen sollte. Auch ist die Menge des Wassers in der Leibeshöhle in vielen Fällen (man denke nur an einen Seeigel der kaum etwas Anderes darstellt, als eine Wasser umschließende Kugel mit einigen Eingeweiden im Innern) viel zu beträchtlich für den bisher ausschließlich hervorgehobenen Zweck.

Indessen welches sind denn nun diese anderweitigen Leistungen, die das Wasser in der Leibeshöhle zu erfüllen hat? Wir sind außer Stande, diese Frage vollständig und mit Sicherheit zu beantworten, und müssen uns mit einigen Andeutungen, die überdieß kaum etwas Anderes sind, als ebenso viele Vermuthungen, begnügen. Nehmen wir zunächst den Fall, wo das Wasser in eine vollständig geschlossene Leibeshöhle gelangt. Hier umspült es die einzelnen Organe. Eine unmittelbare Folge davon ist ein endosmotischer Austausch mit den Flüssigkeiten dieser Organe. Bei diesem Verkehr wird gewiß nicht bloß Wasser in Substanz nach Innen aufgenommen, wie wir bis jetzt erwähnt haben. Es werden vielmehr auch die Gase und Salze der beiderlei Flüssigkeiten auf einander einwirken: Kohlensäure und Sauerstoff werden sich austauschen, vielleicht auch die aus der Zersetzung der stickstoffhaltigen Körpersubstanz entstandenen Harnsalze des Blutes gegen den Kalk des Wassers (den die Nahrungsmittel nicht überall in hinreichender Menge enthalten mögen) nach außen abgeschieden werden.

Die Einwirkung des Wassers auf die thierischen Flüssigkeiten ist im Wesentlichen dieselbe, geschehe sie von Innen durch die Hüllen der Leibeshöhle, oder von Außen durch die Hautbedeckung des Körpers. Wie die letztere auf den Proceß der Respiration und Absonderung einwirkt, wie sie in gewissen Fällen sogar für diese Vorgänge vollständig ausreicht, so wird es auch die erstere können. Ja, wir müssen sogar zugestehen, daß für sie die physikalischen Bedingungen, so weit diese von der Beschaffenheit der trennenden Membranen abhängen, noch sehr viel vortheilhafter sind. Die Auskleidung der Leibeshöhle, die — abgesehen von den Gefäßwandungen — das in's Innere aufgenommene Wasser von dem Blute trennt, ist weit zarter, als die zarteste Epidermis. Auf der andern Seite findet dagegen das Wasser, das den Körper äußerlich umspült, in seinem schnellen Wechsel (der in mancherlei Weise durch die Bewegung des Wassers, die Locomotion des Thieres, die Athmungsbewegungen u. s. w. unterhalten wird) eine bedeutende Unterstützung bei seiner Einwirkung auf die thierischen Flüssigkeiten. Und eine solche fehlt bei dem in das Innere der Leibeshöhle aufgenommenen Wasser. Auch dieses Wasser wird allerdings gewechselt und zwar bei den ver-

schiedenen Thieren mit verschiedener Schnelligkeit — wir haben ja bisweilen sogar besondere Vorrichtungen zu diesem Zwecke kennen gelernt —, allein wohl niemals ist der Wechsel so sehr beträchtlich, als bei dem äußern Wasser. Der Unterschied der sich hierin ausspricht, hat indessen offenbar nur auf den Grad der Einwirkung, nicht auf die Art derselben eine Beziehung. Selbst bei den ungünstigsten Verhältnissen, werden wir zugeben müssen, behält das Wasser der Leibeshöhle einigen Einfluß auf die Zusammensetzung der im Innern des Körpers enthaltenen Ernährungsflüssigkeit. Und dieser Einfluß ist auch da noch vorhanden, wo das Wasser sich unmittelbar mit dem Blute mischt, geschehe dieses, wie bei den Mollusken, in den peripherischen wandungslosen Blutbahnen, oder, wie bei den Bryozoen und Räderthieren, bei den Medusen und Akalephen, in der Leibeshöhle. — Durch die Aufnahme von Wasser in das Blut (bei den Ringelwürmern in den Chylus) ist zunächst dem Wasserbedürfniß in hinreichender Weise entsprochen. Doch darauf wird sich die Bedeutung des Wassers nicht beschränken. Es kreist mit dem Blute in den Gefäßen, kommt mit den verschiedensten Geweben in Berührung und erhält dadurch Gelegenheit zu einem ausgebreiteten endosmotischen Austausch mit der Parenchymaflüssigkeit. Die Processe der Respiration und Abscheidung finden darin eine neue, gewiß sehr wichtige Unterstützung. Denken wir uns ein Thier mit solcher Einrichtung, etwa einen Polypen. Es sey in dem Verdauungsgeschäfte. Wie wir früher bemerkt haben, wird dabei nur ein Theil des Chylus unmittelbar von dem Körperparenchym aufgenommen. Ein anderer Theil gelangt in die Leibeshöhle, wo er sich weiter organisirt. Dieser mischt sich jetzt mit einer gewissen Quantität Wasser. Wasser und Blut werden dann als eine gemeinsame Flüssigkeit in allen Theilen des Körpers umhergeführt. Ueberall geben sie die assimilablen Stoffe ab. Sie verlieren ihre Proteinverbindungen, ihren Sauerstoff, ihre Salze, auch einen Theil des Wassers. Dafür nehmen sie aus dem Körperparenchym die Zersetzungsprodukte (Kohlensäure, Harnstoff u. s. w.) in sich auf. Nachdem dieser Austausch eine Zeitlang fortgedauert hat, wird die Flüssigkeit der Leibeshöhle nur wenig assimilable Stoffe mehr enthalten, aber reich an unbrauchbaren, excrementiellen Bestandtheilen seyn, obgleich sie vielleicht durch die Ausscheidung an der Oberfläche fortwährend eine bestimmte Quantität derselben gegen neuen Sauerstoff aus dem umgebenden Wasser vertauscht hat. Es wird eine Zeit kommen, wo sie der Erneuerung bedarf. Und ist diese da, dann entleert das Thier den flüssigen Inhalt seiner Leibeshöhle, es zieht sich zusammen und stößt das Blut mit den Zersetzungsprodukten und dem Wasser durch die Oeffnungen nach außen, um durch neue Nahrung, neues Wasser seinen erneuerten Bedürfnissen Genüge thun zu können.

Dabei mag nun allerdings immerhin noch ein Rest der assimilablen Substanzen im Blute verloren gehen, allein bei der Trägheit des Stoffwechsels, die wohl den meisten dieser Thiere zukommt, bei der Leichtigkeit des Ersatzes ist dieser Verlust gewiß nicht allzu hoch anzuschlagen. Ueberdieß ist die Entleerung der eingeschlossenen Flüssigkeit wohl niemals ganz vollständig. — Wir haben uns eben diese Entleerung als eine plötzliche und von der Wasseraufnahme durch einen längern Zeitraum geschieden vorgestellt. Man kann allerdings als gewiß annehmen, daß solche Entleerungen vorkommen. Sobald man z. B. eine Muschel oder einen Polypen oder ein derartiges Thier rasch aus dem Wasser hebt und zu einer Contraktion veranlaßt, wird der Inhalt der Leibeshöhle aus den vorhandenen Oeffnungen mit großer Gewalt, in weiten Strahlen ausgestoßen. Allein in der Regel, so scheint es, ist die Entleerung des flüssigen Körperinhaltes allmälig und fortwährend, wie die Wasseraufnahme und damit isochronisch, sobald es nur die anatomische Anordnung der Aus- und Eintrittsöffnungen gestattet. Im Wesentlichen des ganzen Vorgangs wird dadurch übrigens wohl nichts geändert, selbst dann nicht, wenn der Verlust an assimilablen Stoffen dadurch vergrößert werden sollte. Es würde dadurch nur das Nahrungsbedürfniß der Thiere steigen.

Die Schnelligkeit des Wasserwechsels in der Leibeshöhle übt auch hier unstreitig einen großen Einfluß auf die physiologische Bedeutung dieses Vorganges. Je schneller er geschieht,

desto wichtiger wird er werden, namentlich in seiner Beziehung zur Absonderung und Respiration. Hiernach dürfen wir z. B. vermuthen, daß er für die Polypen und Akalephen eine größere Bedeutung habe, als für die Mollusken. Wir haben sogar Grund zu der Annahme, daß die Abwesenheit besonderer secretorischer und respiratorischer Gebilde bei den ersteren mit diesem Wasserwechsel in einiger Verbindung stehe. Jedenfalls müssen wir den Einfluß dieser Einrichtung auf Absonderung und Respiration als verschieden bei den verschiedenen Organisationen in Rechnung bringen. Wir müssen uns auch davor hüten, die eine dieser Beziehungen über die andere vollkommen zu vernachlässigen, wie es in neuerer Zeit vielfach geschehen ist, indem man in dem Wasserwechsel nur eine Veranstaltung sah, die zum Zwecke der Athmung bestimmt sey. Wir sind weit davon entfernt, den respiratorischen Einfluß dieses Wassers im Innern des thierischen Körpers zu leugnen, doch jener einseitigen Auffassung müssen wir um so mehr entgegentreten, als in manchen Fällen, bei langsamem Wechsel und geringer Menge der eingenommenen Flüssigkeit, die excretorische Bedeutung gewiß noch mehr hervortritt, als die Beziehung zu dem Proceß der Respiration. Mit ängstlicher Mühe hat man auch die Thatsache in Abrede stellen wollen, daß in manchen niederen Thieren eine entschiedene Vermischung von Blut und Wasser auf direktem Wege vor sich gehe. Es muß dieser Umstand allerdings sehr auffallen, sobald man nur die Lebenserscheinungen bei den höheren Thieren berücksichtigt; es muß bizarr erscheinen, wenn man ohne Weiteres behauptet, daß ein Thier seine gesammte Blutflüssigkeit ausspeie — allein es ist dennoch wohl möglich den Sinn und die Bedeutung solcher Thatsachen für bestimmte Organisationen und Lebensverhältnisse einigermaßen (so weit es auf diesem Gebiete die Unvollständigkeit unseres dermaligen Wissens zuläßt) zu begreifen. Und die Thatsache läßt sich nicht verleugnen, daß Polypen und Medusen u. s. w. in ihrer Leibeshöhle eine Flüssigkeit aus Blut und Wasser enthalten und beständig auf direktem Wege wechseln. Mag man diesen Raum nun als Leibeshöhle deuten oder mit dem Namen eines Wassergefäßsystemes belegen — der Inhalt, und darauf kommt es an, ist nicht ausschließlich Wasser, sondern Blut und Wasser.

Mit der Annahme von Wassergefäßen ist man in neuerer Zeit überhaupt wohl allzu freigebig gewesen. Wir wollen die Existenz solcher Gebilde nicht bezweifeln — sie werden später noch näher berührt werden —, müssen aber in Abrede stellen, daß alles das Wassergefäße seyen, was man so genannt hat. Unter den sog. Wassergefäßen hat man die verschiedensten Bildungen zusammengefaßt, die Leibeshöhle bei den Coelenteraten, Bryozoen u. s. w., die venösen Blutkanäle der Mollusken, das gefäßartige Excretionsorgan der Strudelwürmer, die Seitendrüsen der Ringelwürmer u. s. w. Selbst der Wassergehalt in manchen dieser Apparate wird sie noch nicht zu Wassergefäßen stempeln. Wir müßten sonst etwa auch z. B. die Uretheren der Wirbelthiere als Wassergefäße bezeichnen wollen. Wo nun aber wirkliche Wassergefäße vorkommen (bei den Echinodermen — vergl. das Kapitel von der Bewegung —), haben dieselben zur Respiration und Absonderung wohl die geringste Beziehung.

Am Schluß dieser Betrachtung wollen wir auch noch auf die mechanischen Beziehungen des im Innern des thierischen Körpers enthaltenen Wassers in Kurzem hinweisen. Auch in dieser Hinsicht ist die Anwesenheit einer größern Menge von Wasser nicht gleichgültig. Wo es in der Leibeshöhle vorhanden ist, wo das Thier die Zugänge zu derselben verschließen kann, da wird es bei der Contraction der Körperhöhlen einen sehr beträchtlichen Druck auf die Eingeweide ausüben können, der bei der Entleerung des Darmkothes, der Geschlechtscontenta u. s. w. manchfach von Bedeutung seyn mag. Bei den Holothurien kann dieser Druck abnormer Weise bis dahin sich verstärken, daß die Eingeweide durch Mund- und Afteröffnung hervorgedrängt werden, oder eine Ruptur der Körperwandungen eintritt. Wie sich in einer ähnlichen Weise das in dem sog. Wassergefäßsystem der Echinodermen enthaltene Wasser bei der Ortsbewegung betheilige, werden wir an einem spätern Orte noch näher berücksichtigen müssen. Wir wollen hier nur erwähnen, daß die thierischen Flüssigkeiten (nicht bloß das Wasser im Innern) gar vielfach bei den einzelnen Bewegungserscheinungen

im Spiele sind. Wie das Blut der höheren Säugethiere die Erection des Penis u. s. w. bewirkt, so gibt die Flüssigkeit der Leibeshöhle bei den niederen Thieren ein passendes Mittel, durch den mechanischen Druck die manchfachsten äußeren Anhänge aufzurichten und hervorzutreiben. Sie ist oft ein wichtiger Ersatz für den Mangel einer complicirten Muskeleinrichtung. Die Kopftentakel der Tubicolen, das Räderorgan der Rotiferen, der Rüssel der Nemertinen würden ohne ihre Beihülfe keine volle Wirksamkeit entfalten können.

In vielen Fällen mag auch wohl die Bewegung des Wassers dazu dienen, theils die Spermatozoen und Eier, die in die Leibeshöhle hineinfallen, oder selbst darin gebildet werden, aus dem Körper hinauszuschaffen, theils auch das in das umgebende Wasser ejaculirte Sperma mit den Eiern der Leibeshöhle in Contact zu bringen. Die letztere Beziehung zu dem Befruchtungsgeschäfte wird namentlich in Betracht kommen, wo bei Abwesenheit von Begattungsorganen und ohne geschlechtliche Annäherung die Eier sich im Innern des weiblichen Körpers entwickeln.

Wir würden das Wasser auch gewiß als ein Mittel zur Erleichterung des specifischen Gewichtes in Anschlag zu bringen haben (wie die im Körper enthaltene Luft bei den Landthieren), wenn überhaupt der Unterschied in der Schwere der organischen Substanzen und des Wassers ein nur irgend erheblicher wäre. Am ersten würde dieser Umstand noch bei den skelettragenden Arten einige Rücksicht verdienen. Nehmen wir z. B. an, daß ein Seeigel durch seine Organisation gezwungen würde, eine gewisse Quantität von Kalksalzen in sich abzulagern, so ist es jedenfalls für seine specifische Schwere (und Beweglichkeit) am vortheilhaftesten, wenn diese Ablagerung über eine möglichst große Fläche sich ausbreitet, wenn also das Thier möglichst umfangreich wird. Die Hohlräume, die dadurch im Innern entstehen, werden nun mit Wasser gefüllt, das seinerseits allerdings das Gewicht des Körpers wieder vergrößert, bei der Locomotion indessen wohl kaum einen solchen Mehraufwand von Muskelkraft erfordert, daß dadurch der Vortheil der specifischen Leichtigkeit vollkommen verloren ginge.

Zweiter Abschnitt.

Organe und Funktionen des animalischen Lebens.

Wir haben schon früher ausgesprochen, wie die sog. vegetativen Funktionen, welche uns bisher beschäftigten, an vielen Punkten auf anderen Thätigkeiten beruhen, welche den Namen der vegetativen nicht verdienen. Die erste Aufnahme des rohen Nahrungsstoffes, die Wahrnehmungen, welche dieser Aufnahme vorangehen und sie begleiten, die Bewegung der Speisemasse in den Darmgebilden, des Blutes in seinen Gefäßen, der Secretionen in ihren Ausführungsapparaten, die Respirationsbewegungen — dies sind Vorgänge, welche sich von den eigentlich vegetativen, der Metamorphose des Nahrungsstoffes, der Tränkung und Durchdringung der manchfaltigen Organe in der Darstellung nicht trennen lassen, begrifflich aber wohl davon zu scheiden sind und ihren eigentlichen Vereinigungspunkt erst in der nun folgenden Betrachtung finden können.

Das Leben des Thieres äußert sich, auf eine dem gleichgültigsten Sinne sich aufdrängende Weise, in einer Manchfaltigkeit von Erscheinungen, deren große Mehrzahl unter den Begriff der Bewegung zu bringen sind. Während das Thier mit allen anderen Naturkörpern das gemein hat, durch eine von Außen einwirkende Kraft von seinem Platze bewegt oder auch in seinen Gestaltsverhältnissen augenblicklich oder dauernd verändert zu werden, sehen wir an ihnen noch andere Bewegungserscheinungen, welche wir nicht im Stande sind, auf so einfache

Weise von einem äußern Anstoße abzuleiten; wir sehen das Thier im Ganzen, oder einzelne Theile desselben aus dem Zustande der Ruhe in Bewegung übergehen, ohne daß wir wahrnehmen, was die unmittelbare Ursache dieser Bewegung ist; wir sehen Theile des Thieres, welche in Bewegung waren, plötzlich ihre Bewegung unterbrechen, ohne daß ein sichtbares Hemmniß der Bewegung vorläge. — Durch solche Bemerkungen müssen wir alsbald zu dem Resultate gelangen, daß *die nächste Ursache dieser Bewegungen in dem Thiere selbst liege*.

Setzen wir aber die Beobachtung weiter fort, so wird es uns doch auch nicht entgehen können, daß die Bewegungen eines Thieres gar oft von äußeren Umständen hervorgerufen und bestimmt werden, aber von Umständen, welche einen leblosen Körper gar nicht, oder doch nicht so in Bewegung zu setzen vermöchten. Die bewegende Kraft eines Peitschenhiebes welcher ein ruhendes Pferd in die lebhafteste Bewegung versetzt, würde sich an einer leblosen Masse von gleichem Gewichte vergeblich versuchen; die Stimme des Herrn, welcher der Hund aus weiter Entfernung gehorcht, würde an einem ähnlichen todten Körper keine unseren Sinnen wahrnehmbare Bewegung bewirken. Aber die Thiere sind auf solche Weise bestimmbar und es wäre sehr überflüssig, Beispiele zu häufen von Verhältnissen, welche die tägliche Beobachtung dem Menschen aufdrängt. — Allerdings scheint also der Mechanismus, durch welche die Bewegungen des Thieres bewirkt werden, von äußeren Einflüssen in Thätigkeit gesetzt zu werden.

Wiederum aber sehen wir nicht alle Mal unter möglichst ähnlichen äußeren Einwirkungen dieselbe Wirkung eintreten. Wir beobachten, daß ein Thier durch die Nähe gewisser Speisen in Bewegung versetzt wurde, wir sehen dieß häufig wiederholt eintreten, aber wir sehen, daß dieses Mittel auch nicht selten fehlschlägt. Andererseits sehen wir auch sehr häufig ein Eintreten, eine Veränderung, ein Aufhören der Bewegung des Thieres, ohne daß wir irgend eine äußere Ursache im Verdacht haben könnten, dieß bewirkt zu haben. Wir können also nicht umhin, innere Zustände des Thieres als mitbedingend für das Hervortreten der thierischen Bewegung anzuerkennen. — Also: äußere Einwirkungen, zum Theil höchst zarter Art, wirken mit inneren Zuständen zusammen, um die höchst manchfaltigen Bewegungserscheinungen der Thiere zu Stande zu bringen. — Es gilt nun, den Zusammenhang dieser Erscheinungen zu ermitteln. Unsere Untersuchung würde sich also zu richten haben:

1) Auf die Bewegungen der Thiere und ihrer Theile; auf die Organe, welche bei diesen Bewegungen besonders betheiligt sind; auf die Natur dieser Betheiligung; auf die Mittel, durch welche dieser Bewegungsapparat in Thätigkeit gesetzt wird.

Indem wir einerseits die Bewegungserscheinungen unmittelbar wahrnehmen, andererseits auch nicht verkennen, daß die Bewegungen häufig in Folge äußerer Einflüsse eintreten und in sehr bestimmter Beziehung zu äußeren Verhältnissen stehen, so müssen wir über die Mittel, welche die Thätigkeit des Bewegungsapparates zunächst erregen, auf verschiedene Weise Auskunft erhalten können. Es muß möglich seyn, hierüber zu einem Aufschlusse zu gelangen, nicht bloß, indem man gleich zunächst die Bewegungsorgane in's Auge faßt, sondern auch, wenn man zuerst untersucht, wie die Außenwelt bestimmend auf das Thier einzuwirken vermag. Setzen wir eine genaue physikalische Kenntniß des Schalles, des Lichtes voraus, so würde es in vielen Fällen sehr leicht seyn, am Körper eines Thieres Stellen, Theile zu finden, deren Bau eine besondere Beziehung zu diesen Agentien erkennen läßt. Das Experiment würde bald bestätigen, daß diese Theile wirklich die Organe sind, durch welche die bezeichneten Agentien auf das Thier wirken (Sinnesorgane), Bewegungen desselben hervorrufen. Wir würden also, indem stets alle Mittel der Untersuchung einander die Hand zu reichen hätten, von diesen Organen aus den physiologischen und anatomischen Zusammenhang bis zu den Organen der Bewegung aufzusuchen im Stande seyn.

Indessen belehrt uns schon die vorhin angedeutete, äußerlich wahrnehmbare Manchfaltigkeit der Beziehungen zwischen äußerer Einwirkung und Bewegungseffekt, daß die physiolo-

gische Vermittlung zwischen beiden wohl complicirter Art seyn muß. Daher denn auch die Erkenntniß derselben schwierig und bis jetzt erst sehr unvollkommen hergestellt ist.

Wir nennen die Organe der Vermittlung zwischen Sinnes- und Bewegungswerkzeugen Centraltheile und reihen an die Frage nach der Bewegung und ihren Organen, die Frage nach

2) den Sinnesorganen und den Wirkungen derselben auf den Organismus, woran sich die Betrachtung

3) der Centraltheile (des Nervensystemes) anschließt.

I. Die Bewegungserscheinungen und deren Organe.

Es ist eine schwierige Aufgabe, die ungeheure Manchfaltigkeit der Bewegungen in und an den thierischen Körpern zu übersehen und sie in größere Gruppen zu bringen, welche, durch die wichtigsten Verschiedenheiten bedingt, das Verständniß erleichtern. Es versteht sich nach dem Vorausgeschickten jedoch von selbst, daß wir eine gewisse Art von Bewegungen im thierischen Körper hier ganz von der Betrachtung auszuschließen haben. Das sind alle Bewegungen der Flüssigkeit, insofern sie die Gewebe des Körpers tränkt, es sind die Bewegungen der aufgelösten Substanzen durch Membranen, die Bewegungen, durch welche die kleinsten Theile unmittelbar ihren Platz in der Zellenmembran oder sonst einem Gewebe erreichen, u. s. w. Diese gehören rein dem vegetativen Leben an und können nur insofern neben anderen Bewegungen gelegentlich erwähnt werden, als es in einzelnen Fällen, z. B. bei der Bewegung der Lymphe, in Frage kommen kann, ob und in wiefern der bekannte Bewegungseffekt eben dieser Klasse von Bewegungsursachen angehört: ob die Kraft, mit welcher das Flüssige durch die organische Wand in das Gefäß eindringt, zugleich eine Weiterbewegung des schon Eingedrungenen veranlaßt, oder nicht. — Nach Ausscheidung dieser Bewegungen, welche fast durchaus mehr aus ihren Folgen, den vegetativen Erscheinungen, geschlossen, als unmittelbar wahrgenommen werden können, bleibt aber noch eine ungemeine Manchfaltigkeit für unsere gegenwärtige Untersuchung zurück. — Die Bewegungen, welche wir betrachten, sind in allen Fällen Veränderungen in der Lage fester Körpertheile gegen einander. Ihre Wirkung kann dann gegen gasförmige, tropfbare oder feste Körper sich richten und Compression oder Locomotion derselben hervorbringen, oder auch eine Bewegung des Körpers selbst erzielen. — Für die Bewegungen, welche äußerlich am thierischen Körper hervortreten, werden wir keiner Beispiele zur Erläuterung des Gesagten bedürfen und für die innerlichen Bewegungen wird man aus der Beschreibung der Athmung und Verdauung, der Bewegung des Blutes und der abgesonderten Säfte leicht das Nöthige hernehmen. Die äußerlichen Bewegungen sind Gestaltveränderungen, an welchen der ganze Körper oder besonders einzelne, namentlich hervorragende Glieder desselben sich betheiligen; die inneren Bewegungen bestehen größtentheils in abwechselnden Verengerungen und Erweiterungen von Höhlen, Kanälen u. s. w. Im Falle, daß Glieder, hervorragende Theile des Körpers, für Bewegungen eingerichtet sind, bemerkt man eine große Manchfaltigkeit in Lage, Zahl und relativer Größe derselben. Je kleiner sie sind, um so weniger fällt natürlich ihre Thätigkeit als Gestaltveränderung des Körpers in die Augen und sobald ihre Kleinheit sie dem Auge entzieht, können wir ein Thier ohne alle sichtbare Thätigkeit sich fortbewegen sehen. Dieß kommt jedoch nur bei Wasserthieren vor. Solche Organe sind namentlich die sog. Wimperorgane, Cilien, stets sehr kleine, blatt- oder fadenförmige, oft selbst nur mit starken Vergrößerungen sichtbare, Bewegungsorgane. — Dergleichen feine Cilien, äußerlich nur an Thieren vorkommend, welche im Wasser leben, finden sich auch und in noch weiterer Verbreitung im Innern, auf freien feuchten Flächen verschiedener Organe. Sie dienen dann, so weit sich ein Zweck ihrer Thätigkeit nachweisen läßt, der Bewegung eben der Flüssigkeit, welche die Membran bedeckt, der feinen Körperchen, welche etwa diese Flüssigkeit enthält. So dürfte z. B. ihre Wirkung in den Lungen dahin bestimmt werden, die Epithelabschuppung der feineren Luftwege allmälig in die größeren zu führen. Auch die an die äußerlichen Flächen des Thieres gestellten Cilien dienen nicht stets der Orts-

bewegung des Thieres, sondern der Bewegung des Wassers oder kleiner Körperchen an dem ruhenden Thiere. So wird z. B. an manchen kiemenartigen Athmungswerkzeugen durch Wimpern eine stete Erneuerung der Wasserschicht bewirkt, welche, die Oberfläche des Organes berührend, die Athmung augenblicklich unterhält.

Nähere Betrachtungen über die mikroskopischen Grundlagen der Cilienbewegung und über die Einwirkungen, welche im Stande oder nicht im Stande sind, diese Bewegungen zu modificiren, bringen zu dem Resultate, daß wir in ihnen eine natürliche Klasse der Bewegungswerkzeuge zu erkennen haben. Die Differenzen, durch welche sich die Wimperorgane als eine allen übrigen Bewegungsmitteln entgegenstehende Klasse auszeichnen, während wir alle übrigen Bewegungserscheinungen vielleicht wieder zusammen unter einen Hauptbegriff bringen müssen, wollen wir zu erläutern versuchen. Sprechen wir zunächst von der Erscheinung.

Die Cilien sind stets als kleine haarförmige oder auch mehr abgeplattete Organe auf Epithelien aufgepflanzt, so daß die einzelne Zelle eines flimmernden Epitheliumstückes in der Regel mehrere solcher Härchen auf sich trägt. Diese, am einen Ende solchergestalt befestigt, am andern dagegen frei, befinden sich nun in einer sehr anhaltenden Bewegung, wiederholen ohne Unterlaß dieselben Schwingungen in denselben Richtungen. Auch wirken dabei stets eine große Anzahl solcher Härchen in gleicher Weise. Die häufigste Art der Cilienbewegung dürfte es wohl seyn, daß die kleinen Organe, welche sich eben nach einer Seite hin ein wenig niedergelegt hatten, von dieser Lage sich rasch erheben und nach der entgegengesetzten Seite hinüberschlagen. Dabei eilt das freie Ende dem übrigen etwas voraus (bewegt sich mit größerer Winkelgeschwindigkeit um den Insertionspunkt), so daß das Wimperchen das Ende dieser Bewegung in einer gekrümmten Lage erreicht. Von da bewegt es sich dann alsbald wieder in die erste Lage zurück, um aus dieser sogleich wieder dieselbe Reihe von Bewegungen zu beginnen.

So wie die Form und Größe der neben einander auf einem Epithelium stehenden Wimpern, so ist auch Richtung und Zeitmaaß der eben beschriebenen Bewegung meist vielen gemeinsam. Doch ist das von dem Zeitmaße nicht so zu verstehen, daß eine große Anzahl, wie exercirende Truppen auf das Commando, gleichzeitig dieselbe Bewegung ausführten, sondern daß sie zu Durchmessung gleicher Theile ihrer Wege ungefähr gleiche Zeiten verbrauchen. Dabei befindet sich aber, von mehreren neben einander stehenden Wimpern, die eine in diesem, die andere gleichzeitig in einem andern Momente der stets sich wiederholenden Evolutionen. Dadurch entsteht für den Beobachter, namentlich bei lebhafter Thätigkeit kleiner Cilien, der Eindruck eines Gewimmels, in welchem man häufig die einzelnen beweglichen Theilchen kaum unterscheidet. Es drückt sich dieß gut aus in der vielgebrauchten Bezeichnung Flimmerbewegung. — In anderen Fällen bemerkt man, und namentlich bei langen Wimpern oft sehr deutlich, eine Undulation in jeder einzelnen Cilie, welche von dem festen gegen das freie Ende derselben verläuft. Die Zahl der Wellenbiegungen, welche dabei gleichzeitig in einer Cilie sich befinden, ist verschieden; zuweilen findet man in einer langen Wimper nur eine kurze Welle, welche von einem zum andern Ende fortschreitet, während der übrige Theil sich ruhig verhält. *)

---

*) Ich habe wahrgenommen, wie durch diese Art der Cilienthätigkeit die Erscheinung einer sog. Räderbewegung veranlaßt wird, welche auf den ersten Blick so parador ist. Ich gebe hier meine Beobachtung, da ich hoffe, daß sie verständlich sey und eine Vorstellung der vielbesprochenen Erscheinung sowohl, als auch ihrer Ursache geben wird. Ob die Erscheinung auch auf andere Weise zu Stande kommt, darüber will ich nicht urtheilen. — Auf einer in unseren Feldgräben häufigen schwarzen Planarie findet sich häufig ein Infusionsthierchen mit einem großen runden Wimperkranze (Trichodina mitra). Beobachtet man dasselbe im lebensfrischen Zustande, so begegnet es, daß man rings um den Rand eine Anzahl dunkler Streifen gewahrt, welche mit dem einen Ende den Rand berühren, und von da nach Außen verlaufen. Ihre Richtung gegen den Rand steht zwischen der radialen oder normalen und tangentialen. Diese dunkeln Streifen sind in steter Bewegung um das Thier, ohne dabei ihre

Außerdem hat man auch noch andere Formen der Cilienbewegung angegeben, z. B. ein Schwingen, bei welchem jede Wimper durch ihre Bewegung eine Trichterform zeichnet (die Spitze des Trichters natürlich dem befestigten Ende entsprechend), u. s. w. Wichtig ist uns zunächst die Gleichmäßigkeit, mit welcher die Wimperschwingung lange fortgeht, nicht bloß an lebenden Thieren, sondern an abgeschnittenen Theilen. Ja, an einzelnen mikroskopischen Fetzen eines Flimmerepitheliums, welche von den Thieren abgelöst im Wasser schwimmen, sieht man das Wimperphänomen Tage lang fortdauern.

Eine solche Wimperbewegung scheint also der Merkmale thierischer Bewegungen zu entbehren, auf welche wir einleitungsweise hindeuteten. Wir machten bemerklich, daß sehr gewöhnlich der Anfang einer Bewegung eine sehr deutliche Beziehung zu einer von uns bemerkten Einwirkung auf ein Thier hat, von derselben verursacht erscheint. Einwirkungen, welche der Mensch nach Selbstbeobachtung als sinnlich angenehm oder widerwärtig bezeichnet, bestimmen oft die sog. willkürlichen Bewegungen der Thiere. Die Thätigkeit des Darmes wird durch die Speisen erregt, die der Harnblase durch den Harn u. s. w. Dieß läßt sich leicht durch Experimente weiter verfolgen, es lassen sich mancherlei Einwirkungen in Beziehung zu den Bewegungsorganen bringen und die Physiologie hat auf solche Weise mancherlei Fortschritte gemacht. So lassen wir z. B. auf das Herz, oder den Darm oder den Schenkel eines Thieres Wärme oder elektrische Reize einwirken. Auch dann finden wir wieder, was wir die *Bestimmbarkeit* der Bewegung nennen wollen. Die Bewegungen des Herzens z. B., welches noch in Thätigkeit ist, werden bis zu einem gewissen Grade immer lebhafter durch Erwärmung. Der elektrische Schlag ruft plötzliche Zuckung in dem Schenkel eines Thieres hervor. Wenn wir nun sehen, daß die Wimperbewegung an einer Haut bei ziemlich verschiedenen Temperaturen sich in ihrer Lebhaftigkeit nicht ändert, daß elektrische Strömungen keinen Einfluß auf sie haben, so werden wir wohl annehmen, daß *das Bewegende* hier etwas Anderes sey als dort. Diese Annahme wird sich fester begründen, wenn wir ebenso

---

Gestalt zu verändern. Die Basis eines jeden rückt am Rande des Thieres fort, stets in derselben Richtung, und alle übrigen Theile schreiten ebenfalls fort, indem sie in Beziehung auf den Mittelpunkt des Thieres gleiche Winkelgeschwindigkeit haben, wie es nöthig ist, damit die erwähnte Unveränderlichkeit der Gestalt möglich werde. Dieß ist die Räderbewegung, welche den ersten Beobachtern die Ansicht aufdrängen konnte, daß wirklich solche Thiere eine Art von Rad an sich trügen, welches stets um seine Achse sich drehe, also nothwendig außer continuirlichem Zusammenhange mit dem Thiere sich befinde. Eben darin aber liegt das Paradoxe, und die Sache verhält sich auch in der That ganz anders. Sieht man ein solches Thier todt, so findet man jene dunkeln Streifen nicht mehr, sondern in viel größerer Anzahl, als dieselben vorhanden waren, blasse, radial gestellte, um den Rand des Thieres dicht gedrängte lange Cilien. Die Verknüpfung und Erklärung dieser scheinbar widersprechenden Wahrnehmung findet man, wenn man ein solches Thier bei etwas verlangsamter Thätigkeit der Cilien betrachtet. Dann sieht man nämlich die Cilien ungeachtet ihrer Bewegung und Zartheit ganz gut, und gleichzeitig die erwähnten dunkeln Streifen; dann erkennt man, daß diese nur der optische Ausdruck einer Bewegung in den Cilien sind. In jeder Cilie beginnt, in einigermaßen regelmäßigen Zeitintervallen, eine kurze Welle, von dem festen Ende an, der Länge nach zu verlaufen. *Die Stelle, wo sich eine solche Krümmung befindet, erscheint dunkel.* Aus solchen dunkeln Stellen verschiedener Cilien, welche einander sehr nahe liegen, sind nun jene dunkeln Streifen zusammengesetzt. Hiernach läßt sich nun schon mit Nothwendigkeit das Weitere construiren: denken wir uns einen Augenblick sämmtliche Cilien in Ruhe. Nun lassen wir von der Basis einer derselben a eine Welle beginnen und ihren Lauf fortsetzen. In demselben Momente, sobald diese Welle in ihrer Cilie um ein Kleines fortgeschritten ist, entsteht in einer zunächst liegenden Cilie b ebenfalls eine Welle, einen gleichen Zeitraum später entsteht sie in c, dann in d u. s. f. — So bildet nun die Welle, welche eben entsteht, gleichsam die Basis einer dunkeln Linie, die Welle, welche einen Augenblick früher entstand, die scheinbare nächste Fortsetzung u. s. f. — Der Fall in der Natur unterscheidet sich dadurch, daß an verschiedenen Punkten im Umfange des Thieres gleichzeitig Wellen entstehen, eben deßhalb also mehrere dunkle Streifen gleichzeitig um das Thier laufen.

wenig auffinden können, daß die Cilien von solchen Erregungen in ihren Thätigkeiten bestimmt werden, welche den übrigen Bewegungsapparat der Thiere so gewöhnlich in Thätigkeit setzen: sinnliche Einwirkungen auf das Thier, Berührungen der wimpernden Haut mit verschiedenartigen Substanzen.

Auch die Wirkung der Gifte sey hier erwähnt. Es gibt Gifte, welche durch ihre Verbreitung im Kreislaufe eines Thieres nicht bloß dasselbe tödten, seinen gewöhnlichen Bewegungen ein Ende machen, sondern selbst die Bestimmbarkeit der sonst beweglichen Massen so aufheben können, daß Elektricität keine Bewegung mehr hervorruft. Auch diese wirken nicht in entsprechender Weise auf die Wimperbewegung. Aus diesen Gründen können wir die Wimperbewegung als eine eigenthümliche Klasse von Bewegungen aufstellen, welchen gegenüber wir die meisten demnächst weiter zu untersuchenden Bewegungen unter dem Namen der Muskelbewegung zusammenfassen dürften. Nur als eine Modification der Muskelbewegung können wir es ansehen, wenn wir bei gewissen sehr einfachen Thieren (Infusorien) eine Bewegung durch die strukturlose zusammenziehbare Körpersubstanz wahrnehmen.

Wir wollen übrigens nicht verschweigen, daß es zweifelhaft seyn muß, ob unsere Aeußerungen genau auf alle Cilien passen.

Es kann schon dem Leser aufgefallen seyn, daß wir von der Wimperbewegung gesagt haben, sie diene zur Ortsbewegung vieler Thiere und dann doch behaupten, sie sey nicht bestimmbar in der Weise, wie sie doch wohl es seyn müßte, um das Thier dahin zu bringen, wohin es sich bewegen wollte. Es wird hierin jedoch nicht nothwendig ein Widerspruch liegen, denn es läßt sich denken, daß ein solcher stets fort arbeitender Apparat in den Dienst der willkürlichen Thätigkeit und Bewegung auf eine mittelbare Art gezogen würde. Es kann z. B. ein Thier mit Wimpern besetzt seyn, welche durch ihre Thätigkeit dasselbe stets in bestimmter Richtung vorwärts treiben würden — wenn nicht das Thier die Form seines Körpers zu ändern im Stande wäre. Durch letztere Fähigkeit gewinnt es aber die Möglichkeit, bei unveränderter Thätigkeit der Wimpern sich doch in beliebig veränderten Richtungen zu bewegen. Dieß wird kaum des Beweises bedürfen, die einfachste geistige Anschauung ergibt es. Denke man sich z. B. ein Thier, dessen Gestalt ein Rotationskörper wäre. Die Axe dieses Körpers wollen wir Längsaxe nennen, ihr ein vorderes und hintere Ende zuschreiben. Es geht aus dem Begriffe des Rotationskörpers hervor, daß jeder senkrecht gegen die Axe fallende Blick die zu beiden Seiten derselben gelegenen Hälften des Thieres völlig symmetrisch fände. Wäre nun ein solcher Körper ebenso allseitig symmetrisch mit gleichmäßig thätigen Wimpern besetzt, welche stets nach hinten wirkten, so würden ihn diese zunächst nur in der Richtung der Axe treiben. Jede Krümmung der Axe aber würde eine Abweichung von der frühern Richtung bewirken und zwar stets nach der Seite, nach welcher die nun entstandene Concavität wiese. Denkt man sich das Thier einigermaßen gestreckt, so daß es sich zu einem Ringe zusammenbiegen könnte, so würde es endlich selbst im kleinsten Raume sich nur fortwährend umwenden. Daß indessen die freiwillige Ortsbewegung der mit Wimpern schwimmenden Thiere nur auf diese Weise zu Stande käme, wollen wir nicht behaupten. Es findet sich mindestens bei manchen Wimperbewegungen niederer Thiere ein Wechsel von Ruhe und Thätigkeit, dessen Bedingungen noch näher zu erforschen seyn werden, welcher aber allerdings leicht die Vorstellung einer direkten willkürlichen Beherrschung der Wimpern erwecken kann.

In manchen Fällen mögen es dann vielleicht nicht wahre Wimpern seyn, sondern starre Borsten; nicht selbst beweglich, was sich durch Krümmungen kund geben muß, sondern nur bewegt durch eine Thätigkeit der Körpermasse, auf welcher sie stehen, welcher sie eingepflanzt sind. Aber für alle Fälle trifft dennoch diese Erklärung nicht zu. Es sind unter den Wimpern, welche man willkürlich beweglich glaubt, und welche jedenfalls Wechsel von Ruhe und Thätigkeit zeigen u. a. die mächtigen Wimpern der Rippenquallen, an welchen man sich

doch ungemein leicht überzeugen kann, daß sie eine eigenthümliche Beweglichkeit besitzen, sich krümmen u. s. w.

In Betreff der Wimperbewegung der höheren, namentlich der Wirbelthiere, gibt es keine Beobachtung, welche eine Annäherung an die Muskelbewegung in Beziehung auf die Bestimmbarkeit erlaubte. Es gilt von ihr unbedingt das oben Gesagte.

Muskeln. Muskelbewegung.

Was wir dagegen unter dem Namen der Muskelbewegung zusammenfassen wollen, scheint eben ganz allgemein eine eigenthümliche Bestimmbarkeit zu besitzen.

Diese Bewegung ist an gewisse Gewebtheile gebunden, welche, wenigstens in der Form, welche sie in höheren Thieren regelmäßig zeigen, den Namen der Muskelfaser allgemein erhalten. Wir wollen diese und ihre Thätigkeitsweise jetzt zunächst besprechen, und dann nur mit einigen Worten auf die davon der Form nach abweichenden, in wichtigen physiologischen Beziehungen aber wohl damit übereinstimmenden, der Faserform ermangelnden Gewebe zurückkommen, welche in gewissen niederen Thieren die Stelle des Muskelgewebes vertreten. Die Muskelfaser bildet einen sehr bedeutenden Theil des Körpers bei allen höheren Thieren und kommt dann theils in großen Zusammenhäufungen vor, wo sie den Namen Fleisch erhält, theils in andere Gewebe, namentlich in Zellgewebe mehr verloren, so daß manchfach nur das Mikroskop und der physiologische Versuch die Gegenwart darthun. Unter dem gemeinsamen Namen der Muskelfaser haben wir noch zwei verschiedene Formen zu unterscheiden, sehr abweichend von einander in ihrem mikroskopischen Verhalten, auch physiologisch nicht ganz gleiche Eigenschaften zeigend, in den wichtigsten Punkten jedoch übereinstimmend. Wir bezeichnen sie mit dem Namen der querstreifigen und der schlichten Muskelfaser.

Die erstere ist es namentlich, welche in den Wirbelthieren und Arthropoden allgemein in großen Massen, als Muskeln, Fleisch zusammengehäuft erscheint, und häufig eine röthliche, selbst stark rothe Färbung besitzt. An solchen Fleischmassen bemerkt man bekanntlich eine Faserung. Man erkennt leicht, daß die Fasern zu Bündeln, diese zu derben Massen u. s. w. zusammengelegt sind, in welchen die Fasern einander parallel laufen. Das Bindemittel besteht aus den feinen, wellenförmig geschlungenen Fasern des Bindegewebes. Dringt man nun durch Zerstörung dieses Bindemittels und Auflösung der Gruppirung so tief als möglich in die Faserung ein, so löst sich das Fleisch in die Fasern auf, welche ihm eigenthümlich sind. Diese sind zwar noch durchaus nicht einfache, homogene Gewebselemente, aber ihre Bestandtheile sind nicht weiter durch Bindegewebe zusammengehalten. Es haben diese Fasern zwar einen sehr verschiedenen Durchmesser, gehören jedoch im Ganzen zu den größeren Gewebeelementen. Sie liegen meist nahe den Gränzen des Sehvermögens des unbewaffneten Auges, so daß sie von diesem noch als zarte Fasern gesehen werden. Unter dem Mikroskop erkennt man an ihnen die Eigenthümlichkeit, welcher sie ihren besondern Namen verdanken, die Querstreifung, einen Wechsel von schmalen, parallelen, quer über die Faser laufenden Licht- und Schattenlinien. Rechtwinklich gegen diese, der Richtung der Hauptfaser selbst entsprechend, sieht man in deren Innerem noch andere zarte Linien laufen. Sie deuten eine feinere Faserung im Innern der Hauptfaser an. Daher pflegt man auch die Hauptfaser, von der wir bis jetzt gesprochen, als Primitivbündel, ihren Inhalt als Primitivfäsern zu bezeichnen. Was diese Fasern zum Primitivbündel zusammenfaßt, ist eine eigenthümliche, sehr durchsichtige, mit Zellenkernen besetzte Scheide, welcher man leider den Namen Sarkolemma gegeben hat. *) Es ist ganz deutlich, daß der Längsstreifung

*) Der Name ist unpassend, weil er zu der Vorstellung verführt, als stehe das Sarkolemma zu den Fleischfasern in derselben Beziehung, wie das seit lange sogenannte Neurilemma zu der Nervenfaser. Das Neurilemma ist aber die bindegewebige Scheide ganzer Nerven, während dem sog. Sarkolemma wohl die äußerst feine Haut der einzelnen Nervenfasern entsprechen mag.

des Primitivbündels eine wirkliche Faserung im Innern desselben entspricht. Weniger einig ist man über die Natur der Querstreifung. Wir dürfen aber diese Zweifel hier bei Seite lassen, da die Querstreifung uns zwar insofern physiologisch interessirt, als sie eine bestimmte mit gewissen Eigenschaften begabte Art der Muskelfaser charakterisirt, uns aber doch keinen Aufschluß gibt, weßhalb nun eben diese Muskelfaser sich so auszeichnet. Wir sind darin ebenso wenig unterrichtet, wenn wir annehmen, die Querstreifung liege in der Oberfläche des Muskels, als wenn wir sie für ein Merkmal von Gliederung der Fibrillen ansehen. Die nebenstehende Figur 190 stellt ein sehr vergrößertes Fleischstückchen vor. Man sieht die Primitivbündel mit starker Querstreifung. Nach links sind die Primitivfasern von der Scheide des Primitivbündels entblößt dargestellt.

Fig. 190.



Die schlichte Muskelfaser bildet sehr gewöhnlich nicht derbe Muskelkörper, sondern hautartige Schichten, in welchen sie oft nur dünne, dem Bindegewebe eingebettete Lagen ausmacht. So bei den Wirbelthieren am Darme, an vielen Drüsen, namentlich deren Ausführungsgängen u. s. w. — Doch wissen wir schon, daß sie auch zuweilen dickere Streifen am Darme bildet, eine bedeutende Mächtigkeit am Magen der Vögel erreicht u. s. w. Eine bedeutende Rolle spielt sie aber namentlich im Körper der Mollusken, Würmer u. a., während sie bei den Arthropoden noch mehr, als bei den Wirbelthieren zurücktritt, sogar gänzlich zu fehlen scheint. Mikroskopisch betrachtet bietet diese Faser weniger bedeutende Dimensionen dar. Sie ist glatt, wie ihr Namen andeutet, ohne Querstreifen, zuweilen gar nicht längsgestreift, in anderen Fällen undeutlich. Dieselbe scheint auch durchaus nicht in so langen Formen vorzukommen, als die querstreifige Faser. Ja, es würde nach neueren Untersuchungen das schlichte Muskelgewebe der höheren Thiere nur aus ziemlich kurzen (etwas verlängert spindelförmigen) Elementen bestehen, welche man als verlängerte, abgeplattete Zellen bezeichnen dürfte. Mit Zellenkernen sind sie deutlich besetzt.*) Verkehrt für die Physiologie des Menschen, ganz unglücklich aber für die vergleichende Physiologie ist der noch hie und da vorkommende Wortgebrauch: willkürliche statt querstreifige und unwillkürliche statt schlichte Muskelfaser. Schon im menschlichen Körper zeigen die querstreifigen Muskelfasern des der Wilkür nicht unterworfenen Herzens, daß eine solche Beschaffenheit gar nichts Wesentliches mit der Willkürlichkeit der Bewegung zu thun hat. Diese beruht lediglich auf den Verhältnissen eines contractilen Organes zum Nervensysteme. Diesen beiden Arten von Fasern kommt nun die merkwürdige, ihre physiologische Rolle bedingende Eigenschaft zu, unter gewissen Einwirkungen ihre Dimensionen zu ändern, sich zu verkürzen, wobei die Querdurchmesser um so viel zunehmen, daß ein in solchen Zustand übergehendes Stück Fleisch dabei sein Volumen selbst für feine Messungen nicht merklich ändert. Man hat bis in die neueste Zeit hinein angenommen, daß auch das aus feinen wellenförmigen Fasern bestehende Bindegewebe eine gewisse Contractilität besitze. Diese Supposition beruhte jedoch nur darauf, daß man an manchen Organen, wie an der Haut, Spuren von Contractilität bemerkte, ohne andere Gewebtheile, als das Bindegewebe in ihnen zu kennen, welchen man hätte die Contractilität zuschreiben können. Gegenwärtig hat man aber die schlichte Muskelfaser wohl überall nachgewiesen, wo sich Contractilität dieser Art zeigt. Die Einwirkungen, welche die Contraction des Muskelgewebes hervorrufen

*) Die glatten Muskelfasern der niederen Thiere zeigen zum großen Theil eine abweichende histologische Beschaffenheit. In manchen Fällen sind sie cylindrische, bald solide, bald hohle Röhren mit zarter Hülle und festerem Inhalt, in anderen allerdings auch deutliche Spindelzellen. Wir werden späterhin gewiß noch mehrere Arten dieses Gewebes unterscheiden lernen.

sollen, können entweder direkt auf die Muskelfaser angebracht werden; man kann z. B. den elektrischen Funken, oder besser den Strom eines elektromagnetischen Rotationsapparates durch die Muskelmasse gehen lassen — oder man kann durch die mit den Muskeln verbundenen Nerven auf sie wirken. *) Bei solchen Versuchen wird dann alsbald ein wichtiger Unterschied zwischen der querstreifigen und schlichten Muskelfaser wahrgenommen. Die erstere contrahirt sich stets mit raschem Zucken, kann in dem contrahirten Zustande aber nicht erhalten werden, wenn nicht eine Reihe sehr rasch aufeinanderfolgender Erregungen, z. B. die Schläge eines rasch gedrehten Rotationsapparates, angewandt werden. Untersucht man dagegen Massen der schlichten Muskelfaser, so tritt die Contraction allmälig ein und erreicht erst nach einiger Zeit ihren Höhepunkt, überdauert dabei in der Regel die Anwendung des Stimulus, welcher sie hervorrief und verliert sich auch nur allmälig wieder.

Mikroskopische Untersuchungen der neuesten Zeit haben dargethan, daß die Veränderungen der Dimensionen, welche man am Fleische bei der Contraction beobachtet, auch an dem Muskelprimitivbündel sich ebenso darstellen: als Anschwellen in den Querdimensionen bei einer entsprechenden Verkürzung nach der Länge. Als beseitigt zu betrachten ist die Ansicht, an welcher man längere Zeit hindurch hing: daß die einzelnen Primitivbündel sich nicht eigentlich verkürzten, sondern sich im Zickzack beugten, woraus freilich die Formveränderung der Masse, die Verkürzung des Fleisches in der Richtung der Faserung, ebensowohl entstehen könnte, als durch die wirkliche, mit Anschwellung verbundene Verkürzung des Primitivbündels. Der elektromagnetische Rotationsapparat, welcher diese mikroskopischen Studien über den Zustand der Contraction erlaubt, indem er uns die Möglichkeit gibt, die querstreifige Faser künstlich in dauernde Zusammenziehung zu versetzen, hat auch andere wichtige Studien über die Zustände der Muskelfaser, den verkürzten und den ruhigen, möglich gemacht, deren Resultate, außer den sonstigen Folgerungen, welche sich daraus ziehen lassen, auch als Bausteine einer künftigen, jedoch vielleicht noch sehr fern liegenden physikalischen Theorie dieser wunderbaren Veränderungen des Muskels aufzufassen sind.

Wir machen unter den Resultaten bemerklich: eine genauere Bekanntschaft mit den Gränzen der Zusammenziehungsfähigkeit eines unbelasteten Muskels. Man hat gefunden, daß Muskelfasern bis auf 1/6 ihrer Länge sich zusammenzogen. Genaue Beobachtungen wurden angestellt über die Gewichte, welche Muskeln in verschiedenen Graden der Contraction zu tragen vermochten, und Verhältnisse aufgefunden, in welchen die Tragfähigkeit abnimmt, wie die Zusammenziehung zunimmt. Es wurden die Einflüsse der Ermüdung, sowohl auf die Zusammenziehung im unbelasteten Zustande als auch auf die Tragfähigkeit (welche durch Ermüdung weit mehr leidet) ermittelt. Verschiedenes Verhalten verschiedener Muskeln in diesen Beziehungen wurde beobachtet.

Ein anderes wichtiges Resultat neuerer Untersuchungen, welches Aussicht gewährt, uns tiefer in die Natur des Muskelfleisches blicken zu lassen, betrifft die elektrischen Strömungen in den Muskeln. Es ist nachgewiesen worden, daß jedes Muskelstück (aus parallelen Primitivbündeln bestehend), ja jedes Stück eines Primitivbündels, einen elektrischen Strom zwischen verschiedenen Punkten, namentlich des Querschnittes und der Seitenfläche zeigt, und daß diese Strömung im Augenblicke der Zusammenziehung des Fleisches jedes Mal eine Unterbrechung erleidet.

Sprechen wir von den Mitteln zur Erregung des Fleisches zur Contraction, so sind die zwei entgegengesetzten Ansichten von dieser Erregung zu erwähnen, welche sich seit lange neben einander erhalten haben: die eine, daß alle Erregungsmittel oder Reize, durch welche man die Zusammenziehung des Fleisches hervorrufen kann, dieß nur mittelbar bewirken, durch Erregung der Nervenfasern, welche zwischen den Muskel-

*) Ueber das, was hier in Bezug auf das Nervensystem dunkel bleiben mag, ist das Kap. über das Nervensystem nachzusehen.

fasern vertheilt sind, die andere, daß die Reize, z. B. der elektrische Strom, auch direkt die Muskelfaser zur Contraction zu bestimmen vermögen.

Die wichtigste Grundlage zur Entscheidung dieser Frage, so weit sie heutiges Tages möglich ist, beruht darauf, daß wir allerdings den Muskel können zucken lassen, wo offenbar nur der Nerv direkt von dem Reize betroffen wird, während wir nicht den Reiz auf den Muskel anwenden können, ohne daß er auch den Nerven träfe. Das erstere ist möglich, indem wir den Nerven, welcher zu einem Muskel geht, außerhalb desselben, ja in weiter Entfernung von dem Muskel, elektrisch oder durch Wärme, durch mechanische Verletzung oder chemische Agentien ansprechen. Der Erfolg ist Muskelzucken und es ist dabei außer Zweifel, daß der Nerv der Vermittler war. Ebenso gebietet uns der Zusammenhang der Erscheinungen die Sache anzusehen im lebendigen Zustande des Thieres; die sämmtliche normale unwillkürliche und willkürliche Bewegung der Muskelfaser wird offenbar stets von Seiten der Nerven erregt.

Das also steht fest, daß gewisse Zustandsveränderungen des Nerven die Contraction des Muskels hervorrufen. Dagegen ist es bis jetzt nicht gelungen, einen Muskel zur Zusammenziehung zu bringen, wenn entschieden die Vermittlung des Nerven ausgeschlossen war. Man hat dieß auf verschiedene, zum Theil scharfsinnige Weise versucht, aber es ist stets ein Zweifel übrig geblieben, ob nicht die auf's Feinste zwischen den Gewebselementen des Muskels vertheilten Nervenfasern immer noch das Vermittlungsglied zwischen Reiz und Muskelfaser ausmachten.*) Unter diesen Umständen dürfte es noch immer das Wichtigste seyn, alle Contraction der Muskeln von der vorhergehenden Erregung der Nervenfaser abzuleiten, das Richtigste weil es das Einfachere ist, nicht über das hinaus geht, was wir von der Erregung der Muskelfaser sicher wissen, daß sie durch die Nervenfaser geschehen kann, ja, im Leben stets geschieht. Eine unmittelbare Anwendung dieser Lehre kann man z. B. auf die Bewegungen des Darmes machen, wie sie durch den Darminhalt hervorgerufen werden. Wir müssen hier durchaus die Vorstellung ablehnen, als wenn eine direkte mechanische Wirkung jenes Inhaltes auf die Muskelfaser, von welcher nur die Schleimhaut ihn trennt, die Ursache der Bewegung, des motus peristalticus wäre. Das Nervensystem bildet auch da offenbar die Vermittlung. Ueber das Wie später. Daß übrigens auch bei dem Muskelgewebe die Faserung keine unerläßliche Bedingung der Contraction ist, haben die embryologischen Forschungen ergeben, indem das Herz schon zu einer Zeit pulsirt, zu welcher es noch bloß aus den Zellen besteht, welche erst die eigenthümliche Muskelstructur annehmen sollen. Auch die Froschlarven bewegen sich bereits zu einer Zeit, in der die späteren histologischen Elemente des Muskels noch nicht gebildet sind.

* * *

Damit nun die Muskelfaser bestimmte Bewegungen im Körper bewirke, muß sie in bestimmter Weise angeordnet seyn.

Da ihr eigenthümlicher Lebensakt eine Zusammenziehung ist, da die Bewegungen stets zunächst Veränderungen der gegenseitigen Lage von Körpertheilen, Vergrößerungen und Verminderungen der Entfernungen zwischen verschiedenen Punkten oder Theilen des Körpers sind, so kann dazu die Muskelfaser nur dienen, indem sie zwischen solchen Theilen ausgestreckt und mit denselben verbunden ist, welche eventuell einander angenähert werden sollen. Die Zurückführung eines auf solche Weise bewegten Theiles in den frühern Stand kann dann wieder durch andere Muskelfasern bewirkt werden, welche in entgegengesetzter Richtung auf ihn wirken, oder auch durch bloße Elasticität von Theilen, mit welchen er verbunden ist,

---

*) Der neueste Versuch dieser Art (von R. Wagner), auf welchen im Texte noch nicht Rücksicht genommen werden konnte, ist jedoch den Ausstellungen, welche sämmtliche übrige betreffen, nicht so ausgesetzt.

und welche durch seine Bewegung angespannt wurden. Da manche Bewegungen, namentlich bei Thieren von nicht allzukleinen Dimensionen, nur durch eine bedeutende Kraft, also nur durch gleichzeitiges Wirken vieler Muskelfasern in einer Richtung, erreicht werden können, so bilden sich zu solchen Zwecken bestimmte Massen von Muskelfasern aus, welche dann den Namen eines Muskels erhalten.

Die einfachste Form eines solchen Muskels ist es, wenn eine Anzahl von Fasern oder Primitivbündeln einander ganz parallel laufen und an den beiden Enden mit den Theilen verwachsen sind, welche sie gegen einander bewegen sollen. Unter einander sind sie dabei durch Bindegewebe verknüpft. So scheinen z. B. bei Wirbelthieren mit knöchernem oder knorpligem Skelette manche Muskeln mit jedem Ende je einem Punkte oder einer kleinen Fläche des Skelettes unmittelbar aufzusitzen. Indessen kommt die Muskelfaser dabei doch mit dem Knochen oder Knorpel (wenigstens bei den Wirbelthieren) nie unmittelbar in Berührung, sondern es befindet sich stets als Bindeglied eine Masse festen Bindegewebes*) dazwischen, welches als eine Verdickung der Beinhaut (Periosteum) angesehen werden kann, zugleich aber auch mit dem Muskel selbst zusammenhängt, so daß der Muskel als eine Einlagerung von Muskelfasern in eine Masse von Bindegewebe erscheint, welche an beiden Enden, wo die Muskelfaser aufhört, fester wird und sich an das Skelett heftet. Eine Muskelmasse kann nun auch von den Punkten, welche sie einander annähern soll, oder von einem derselben mit ihren beiden oder einem Ende entfernter bleiben, indem ihre Länge der Entfernung zwischen beiden Punkten nicht entspricht. Ihre Einwirkung auf diese Punkte wird dann ermöglicht dadurch, daß die zur Verknüpfung dienende Bindegewebemasse, einen Strang von dem einen Ende des Muskels bis zu dem betreffenden Punkte, eine Sehne, bildet. Es kann auch vorkommen, daß eine Muskelmasse in eine Sehne endigt, diese aber, ehe sie den festen Punkt erreicht, noch eine zweite, selbst dritte u. s. w. Muskelmasse in sich aufnimmt, so daß also außer den beiden Endsehnen des Muskels auch noch eine oder mehrere Mittelsehnen vorhanden sind. Ein solcher Muskel heißt zweibauchig (biventer) u. s. w. Größere Anhäufungen von Muskelfasern zu einem Muskelkörper enthalten die Fasern in der Regel nicht parallel, namentlich dann nicht, wenn eine deutliche Sehne zwischen die Enden der Fasern und den Befestigungs- (Insertions-)punkt eingeschaltet ist. In solchen Fällen kann man die Sehne deutlich mehr oder weniger tief in das Innere des Muskels oder an seiner Außenseite hin verfolgen und es sind die Muskelfasern so der Sehne auf- oder eingepflanzt. Dringt die Sehne in das Innere, so müssen die Muskelfasern natürlich von ihr aus in zwei oder mehrere Richtungen divergiren. In anderen Fällen geht die Sehne, indem sie den Muskel erreicht, in eine faserige Haut über, welche einen Theil des Muskels bekleidet, an ihrer Innenfläche die Fasern aufnimmt, welche alsdann von ihr aus eine convergirende Richtung haben können. Künstlichere Systeme ergibt es, wenn zwei oder mehrere Muskeln, von verschiedenen Punkten herkommend, gegen eine gemeinsame Stelle convergiren und an eine Sehne treten, oder selbst schon als Muskelmassen in eine verschmelzen, an welche die Sehne sich setzt. Ein solcher zwei-, drei- oder mehrköpfiger Muskel wird dann den letzteren Punkt in einer Diagonale bewegen, welche durch die Richtung und Kraftverhältnisse der einzelnen zu ihm zusammentretenden Köpfe bestimmt wird. Den Zweck der erwähnten, manchfach variirten Einrichtungen (die indessen nur bei den höheren landbewohnenden Wirbelthieren in solcher Weise auftreten) wird man zum Theil leicht begreifen, und verschiedene andere Verhältnisse können überhaupt erst dann zweckmäßig besprochen werden, wenn wir von den festen Theilen gehandelt haben werden, welche sich in vielen Thieren mit den Muskeln in Verbindung setzen, ihnen die Insertionspunkte darbieten. Die Einrichtung eines zusammenhängenden Gerüstes von festen Theilen, eines sogenannten

---

*) In den Wirbellosen fehlt mitunter ein eigentliches Bindegewebe vollkommen, oder ist doch, wie bei den Gasteropoden, von abweichender histologischer Beschaffenheit.

Skelettes

entspricht meist den höheren Entwicklungen der Bewegungsthätigkeit. Doch ist sein Zweck ein mehrfacher und wir finden daher in gewissen Thiergruppen auch starre Theile, welche ohne fördernde Beziehung zur Bewegung des Thieres, selbst als Hemmnisse derselben dienen können, während sie dann häufig als sehr wirksame Schutzorgane auftreten.

Die Skelettheile bilden entweder gleichsam einen Kern des Thieres, sind von den Weichtheilen umgeben, oder sie bilden eine Hülle, welche die Weichtheile aufnimmt.

Im ersten Falle kann als ihre allgemeinste Bedeutung die Herstellung eines festen Gerüstes zur Befestigung der Weichtheile angesehen werden. In manchen Fällen leistet das Skelett dann auch nicht mehr. Es bildet ein solides, nicht durch Gelenke verbundenes Ganze, und hindert somit wenigstens die Ortsbewegung, statt sie zu fördern. Für andere Bewegungen jedoch kann es immer auch in dieser Form dienen, es gibt feste Punkte, gegen welche die Theile des Thieres angezogen werden können. Solche Skelettmassen finden sich häufig als Befestigungsmittel verwandt, durch welches ganze Thiergruppen an einen bestimmten Ort gebunden sind. Ist aber dieß nicht der Fall, sind ferner einzelne, vielleicht sehr zahlreiche Abtheilungen des Skelettes nicht starr, sondern durch Gelenke mit einander verbunden, so tritt zu dem Zwecke der Festigkeit auch stets noch der einer geregelten Bewegung der Theile des Thieres unter sich hinzu, einer Bewegung, welche dann großentheils dazu verwandt wird, die relative Lage des Körpers zu äußeren Objecten zu bestimmen und abzuändern: äußere Gegenstände zu bewegen (handhaben u. s. w.) oder den Körper selbst zu bewegen. Die ausgebildeten Skelettformen der Wirbelthiere sind überall dieser Art und vereinigen mit der Bestimmung eines festen und dabei doch manchfaltig beweglichen Körpergerüstes zugleich noch die schützende Umhüllung wichtiger Organe, vor Allem der Centraltheile des Nervensystemes.

Das äußere Skelett fügt zu der Funktion der Befestigung des Körpers in allen Fällen noch den des Schutzes gegen äußere Einwirkungen. Hierauf kann es beschränkt seyn; es dient in dieser Weise namentlich bei vielen Polypen und Mollusken. Für die Ortsbewegung kann es dabei nicht bloß eine Erschwerung seyn, wie bei den Gehäuseschnecken, sondern es kann selbst durch seine große Schwere, oder indem es sich mit festen Unterlagen verbindet, die Bewegung ganz hindern, wie bekanntlich bei manchen Bivalven, z. B. der Auster. Aber auch das äußere Skelett kann durch Annahme einer Gliederung zum vortrefflich geeigneten Mittel der Bewegung werden, wie das ja namentlich von Arthropoden bekannt ist. Es sind daher auch die Skelette der Arthropoden und der Wirbelthiere, welche man vorzugsweise im Auge halten muß, um sich die Einrichtungen eines Bewegungsskelettes zu verdeutlichen. Es ist wichtig, die Beziehungen aufzufassen, welche den Skeletten beider Klassen gemeinsam sind. Diese bekommen eben dadurch eine hohe physiologische Bedeutung. Denn es sind die beiden Klassen im Ganzen, es sind ihre Skelette im Besondern nach verschiedenen Grundplänen angelegt; die Punkte, in welchen sie zusammentreffen, erklären sich deßhalb zunächst nicht aus einer Gemeinsamkeit des Typus, sondern daraus, daß die Vereinigung bestimmter Zwecke mit dem Typus nur durch bestimmte Mittel möglich war, welche wir deßhalb sowohl bei den Wirbelthieren als bei den Arthropoden angewandt finden. Diese Bemerkungen finden namentlich ihre Anwendung, wenn wir in beiden Klassen die vollkommener zu Bewegungswerkzeugen ausgebildeten mit den unvollkommenen Skeletten vergleichen.

Es ist in beiden Klassen die niedrigste Stufe der Skelettbildung gegeben, indem das Skelett nur in häutiger und ungegliederter Form auftritt. Man würde die Haut mancher Insektenlarven, die das Rückenmark u. s. w. umhüllenden Häute gewisser Fische, wohl gar nicht Skelett nennen, wenn sich nicht von da bis zu den bestgegliederten Skeletten eine ununterbrochene Stufenreihe darstellte. Auch gibt es doch kaum eine Form aus diesen Klassen, in welcher nicht wenigstens irgend eine Abtheilung des Skelettes aus der Beschaffenheit einer ganz einfachen Membran hervorträte, durch Annahme einer besondern Consistenz, vielleicht auch eines besondern Gewebes.

Wollen wir an solche einfache Beschaffenheiten der Skelette die höheren Entwicklungsstufen anknüpfen, so finden wir deren zwei, gleichmäßig bei Wirbel- und Gliederthieren. Die dem ungegliederten Skelette nähere Stufe besitzt eine Gliederung des Skelettes in zahlreiche einander sehr ähnliche, der Länge des Thieres nach auf einander folgende Abschnitte; dabei wenig ausgebildete oder selbst gar keine Extremitäten. Die Abschnitte sind bei den Wirbelthieren als Wirbel, Wirbelabtheilungen, bei den Arthropoden als Segmente oder Ringe bekannt.

Auf der höhern Stufe treten theils bedeutendere Differenzen der einzelnen Wirbel und Ringe auf, theils eine Gliederung der ganzen Reihe von Abschnitten in einzelnen Regionen, welche sich durch Form und Befestigungsweise der Wirbel oder Ringe unter einander unterscheiden. Diese Gliederung ist unter den Wirbelthieren besonders reich bei den Säugethieren (Kopf, Hals, Brust, Lenden- und Beckengegend, Schwanz) entwickelt, während unter den Gliederthieren die Herapoden die besten Beispiele darbieten möchten. Mit dieser höchsten Stufe der Gliederung, in Wirbel und Wirbelgruppen, Segmente und Segmentgruppen ist dann auch die höchste Ausbildung von Extremitäten vereinbar. Sie sind dabei wenig zahlreich, aber mächtig entwickelt; die zu ihrer Bewegung nöthigen Muskeln haben an den festeren Wirbelgruppen der Brust- und Beckengegend die nöthige Basis. Den Gegensatz des gegliederten gegen das bloß häutige, ungegliederte Skelett finden wir darin, daß das erstere eine Abwechslung festerer Theile mit biegsamen Verbindungsstellen darbietet. Diese Gliederung tritt bei vielen Arthropoden ganz einfach dadurch ein, daß die Haut, aus dem sog. Chitin bestehend, sich in ringförmigen Abschnitten verdickt, während sie zwischen je zwei Ringen dünn, biegsam bleibt. Dabei besteht sie aber überall aus demselben Chitingewebe. Dieß bildet auch alle die Vorsprünge und Anheftungspunkte, mit welchen die Muskeln sich verbinden.

Bei den Wirbelthieren ist die Einrichtung etwas complicirter. Hier treten nicht bloß verstärkte, verhärtete Massen des Bindegewebes als wirbelförmige Abtheilungen auf, sondern es wird überall, wo das Skelett eine bedeutendere Festigkeit haben soll, gleichsam die Bindegewebemasse verdrängt durch eingelagerte Knorpel- oder Knochenmassen. Diesen dient das Bindegewebe dann nur als Umhüllung (Perichondrium, Periosteum) und an den beweglichsten Stellen, den Gelenken, als Bindungsmittel. Während also dort die Gelenke nur weiche Stellen des Skelettes sind, werden sie bei den Wirbelthieren gebildet durch eine wahre Discontinuität der festeren eingelagerten Theile, es wird in ihnen die Continuität des Skelettes nur durch Bindegewebe erhalten. — Geht man von einem mehr morphologischen Standpunkte aus, so erscheinen jedoch die hier als ungegliedert betrachtete Skelettform und die einfach gegliederte in weniger scharfem Gegensatze, sie gehen gradweise in einander über. Die Haut der Arthropoden, auch wo sie sich sehr zart zeigt, hat doch fast beständig eine Andeutung von Ringbildung; ebenso besitzt das einfachste häutige Skelett von Wirbelthieren eine Andeutung seiner Disposition zur Wirbelbildung, indem mit den Theilen desselben, welche sich gleichmäßig von vorn nach hinten erstrecken, immer schon eine Reihe von membranösen Ausläufern verbunden ist, welche von dem innern Skelette aus gegen die Haut gehen. Durch sie werden die Muskeln, welche neben jenen Skeletttheilen in der Richtung der Länge des Thieres verlaufen, in Abtheilungen zerfällt; es entsteht gleichsam eine Reihe von muskulösen Zwischenwirbeln. Denn jene häutigen Ausläufer erweisen sich als die erste Spur der Wirbelbildung, welche eine höhere Bedeutung erst mit der Einlagerung festerer Massen bekommt.

* *
*

Die Muskel- und Skelettmassen des Thieres müssen sich in ihrer Ausbildung für die Ortsbewegung nach drei Hauptbedingungen richten: Masse des Thieres, beabsichtigte Beweglichkeit (Art der Bewegung: Klettern, Wühlen, Laufen, Springen u. s. w.),

Medium, gegen welches der Körper zum Behufe seiner Bewegung wirken soll. Ueber diese noch einige Worte im Allgemeinen.

In Beziehung auf die Massenverhältnisse der Thiere eröffnet sich eine höchst bedeutende Betrachtung, wenn wir von gewissen Eigenheiten des Bewegungsmittels, des Muskels, ausgehen. Der Muskel ist eine Summe von Fasern und die Gränze seiner Kraft ist in der Anzahl oder dem Querschnitte der Fasern gegeben; denken wir uns also einen Muskel nach allen Dimensionen gleichmäßig vergrößert, so hat derselbe nicht in gleichem Maaße an Kraft wie an Gewicht zugenommen. Aehnliches gilt von den Skeletttheilen, sie gewinnen bei einer gleichmäßigen Vergrößerung nach allen Dimensionen auch nicht in gleichem Verhältnisse an Kraft wie an Gewicht: ein Stab gewinnt an Stärke nicht durch Verlängerung, sondern nur durch Vermehrung seines Querschnittes.*) Daraus ergibt sich ohne Weiteres, daß man sich durchaus keine lange Stufenleiter von Thieren denken kann, welche ganz und gar nach demselben Plane gebaut, in den Verhältnissen aller Dimensionen aller Theile einander ähnlich, nur an Größe verschieden wäre, denn da würde, wenn wir von den kleinsten ausgehen wollen, bei jedem größern stets die bewegende Kraft in ein weniger günstiges, und somit bald in ein ganz ungenügendes Verhältniß zu der zu bewegenden Masse treten. Nur in etwas ist die hieraus hervorgehende Beschränkung der Möglichkeit, ähnliche Thiere von verschiedenen Größen zu bilden, dadurch gemildert, daß die Stärke der Muskeln und Knochen wohl nicht so ganz unbedingt an räumliche und Gewichtmaaße gebunden ist, als wir hier angenommen haben, so daß zwei Muskeln z. B. an Kraft gewiß nicht immer genau um so viel verschieden sind, als an Querschnitt der Fasern.

Aber der Hauptsache nach beruht immer die Möglichkeit der großen Reihe verschieden großer Thiere, welche in der Natur vor uns liegt, auf der großen Mannichfaltigkeit der Bewegungsweise und auf mannichfachen damit zusammenhängenden Unähnlichkeiten der Thiere. In der Bewegungsweise macht namentlich das Medium, in welchem die Bewegung vollzogen wird, einen großen Unterschied. Ist ein Thier nur auf den Aufenthalt im Wasser angewiesen, so kann es sehr groß, oder bei gleicher Größe sehr viel zarter seyn, als Landthiere. Das Wasser stützt eben an allen Stellen den Körper des Thieres, während die Bewegung auf dem festen Boden nur in ihren unvollkommensten Formen mit einer großen Ausdehnung der Stützpunkte sich vereinigt, welche doch selbst bei Schlangen und Gewürmen nie so weit geht, als im Wasser. Die ausgebildeten Bewegungsweisen auf dem Lande beruhen stets auf einigen wenigen, bei den Wirbelthieren vier Extremitäten, zwischen welchen das Hauptgewicht des Körpers an der Wirbelsäule hängt. Diese läßt sich einem Gewölbe vergleichen, welches sich auf den beiden Extremitätenpaaren als Pfeilern stützt. Will man einen Brückenbogen über ein Wasser spannen, so müssen seine Theile viel solider seyn, als wenn man die Brücke auf dem Wasser selbst schwimmen, an allen Theilen ihrer Länge unterstützt werden läßt. So ist es leicht verständlich, wie der thierische Körper in den Cetaceen eine Größe erreichen darf, von welcher alle Landthiere weit entfernt bleiben, und wie die zartesten Akalephen sich im Wasser mit Bequemlichkeit regieren, während sie am Ufer zu einer formlosen Masse zusammensinken.

Die größere Menge der skelettlosen Thiere sind aus diesem Grunde Wasserbewohner, oder leben, wie die Regenwürmer, in der Erde, wo sie in ähnlicher Weise von allen Seiten gestützt werden. Auf dem Boden kann sich ein skelettloses Thier nur langsam und beschwerlich vorwärts bewegen.

Unter den Thieren des Festlandes macht es wieder einen wichtigen Unterschied, ob ihnen

---

*) Die Anwendung dieser in der Mechanik so wichtigen Sätze auf die Knochen der Thiere ist schon alt, wie ich erst kürzlich erfahre, indem ich durch eine Anmerkung des Barthez auf Galilei's Arbeiten geleitet wurde. Opere di Gal. Galilei. Fir. 1718. 4. t. II p. 559. In demselben Dialogo sec. ist auch die Lehre von der Resistenz hohler Säulen, für das Skelett so wichtig, erörtert.

die Fähigkeit des Fluges gewährt ist, oder nicht. Die ersteren bleiben weit von den bedeutenderen Größen entfernt. So sieht man namentlich deutlich bei den Vögeln. Auch die fliegenden Insekten sind durchschnittlich von kleinerem Kaliber. Es beruht dieß darauf, daß diese Art der Ortsbewegung bei gleichen Massen bedeutenderen Kraftaufwand erfordert, als die Bewegung auf festem Boden. (Bei mikroskopischen Thieren oder solchen, welche sich der mikroskopischen Größe sehr annäherten, würde ein bloßes Getragenwerden in der Luft kaum noch einen Kraftaufwand erfordern). Wollen wir nun ferner sehen, auf welchen Verhältnissen die Möglichkeit der verschiedenen Größen der Thiere beruht, so müssen wir uns darauf beschränken, Wasserthiere mit Wasserthieren, flugfähige mit flugfähigen zusammenzustellen. Beachten wir namentlich die unsererer Beobachtung vorzugsweise zugänglichen, die fliegenden und die gehenden Thiere. Hier sehen wir leicht, und um so leichter und deutlicher, wenn wir uns innerhalb einer Klasse, z. B. der Vögel halten, daß die Manchfaltigkeit der Bewegungen bei den kleineren Vögeln immer größer und größer wird, und einen bedeutenden Kraftaufwand in Anspruch nimmt. Leichter selbst aus dem Bau des Körpers darzuthun sind die Verschiedenheiten unter den gehenden Thieren, welche es möglich machen, daß die Reihe der Größendifferenzen hier eine so bedeutende sey. Halten wir auch hier uns an eine Klasse, die Säugethiere, so erkennen wir leicht die nach oben hin stets zunehmende Plumpheit und Vereinfachung der Bewegung. Klettern, Wühlen, Hüpfen und Springen sind die gewöhnlichen Bewegungen der kleinen Säugethiere. Daneben ein mehr oder weniger handartiger Gebrauch der vorderen Extremitäten, welcher besondere Muskel- und Gelenkeinrichtungen voraussetzt. Je höher wir in der Stufenreihe der Größe aufsteigen, um so mehr wird aller Luxus von Bewegung abgelegt, bis wir bei den einfach gebauten und lediglich zur einfachsten Ortsbewegung eingerichteten Extremitäten der Wiederkäuer, Einhufer und Pachydermen anlangen. Unter ihnen sind ein Muster der Vereinfachung die Glieder der Einhufer, eben dadurch aber auch wieder ein Muster von Tauglichkeit für die einfachen Bewegungsweisen des Gehens und Laufens. Außer den Eigenthümlichkeiten des Baues der Knochen in den einzelnen Abtheilungen der Extremitäten, welche mit diesen Verhältnissen verbunden sind, bemerken wir auch, daß diese Abtheilungen bei den kleineren Säugethieren im Allgemeinen weit mehr gegen einander gebogen sind (daß mit anderen Worten die Extremitäten derselben stärker geknickt sind) als bei den größeren. Die mehr säulenartige Anordnung der einzelnen Theile einer Extremität in ihrer Uebereinanderfolge hat aber natürlich den Nutzen, daß die Knochen mehr auf einander ruhen, weniger Muskelkraft erfordern, um in ihrer Lage zu verharren; der Behendigkeit, Sprungfähigkeit u. s. w. sagen dagegen die stark geknickten Extremitäten am besten zu. Von sehr allgemeinem Gewichte ist noch ein Umstand, durch welchen für die größeren Thiere eine Ersparung an Bewegungskraft, für die kleineren eine zweckmäßige Verwendung eines Luxus an Kraft möglich wird. Die über die Erhaltung des Individuums hinausreichende Geschlechtsthätigkeit schränkt sich bei den größeren Thieren unter übrigens gleichen Umständen mehr und mehr ein, während sie bei den kleinen bedeutender wird und bei den kleinsten Thierformen eine ganz ungeheure Ausdehnung erlangt. Die Thätigkeit der geschlechtlichen Organe nimmt aber eine sehr bedeutende Kraft in Anspruch: für den Nahrungsstoff, dessen die gleichsam parasitischen Geschlechtstheile bedürfen; für den Antheil, welchen diese Organe an dem Gewichte des Körpers nehmen; für die manchfaltige Sorge, welche Eier und Junge in Anspruch nehmen. (Teleologisch hängt natürlich die größere Fruchtbarkeit der kleineren Thiere mit ihrer größern Schutzlosigkeit, geringen Lebensdauer zusammen, so daß die Kleinheit des Körpers einen Vortheil und einen Nachtheil zur Folge hat, welche sich einander die Wage halten in Beziehung auf die Erhaltung der Species).

Wir beschließen jedoch diese kurzen Andeutungen über die Bedingungen, welche die schaffende Natur durch das Material, aus welchem geschaffen wurde, sich gesetzt hat. Ohne Zweifel würde sich noch Manches in ähnlichem Sinne auffinden lassen, was wir der Zukunft

überlassen müssen; manche Betrachtungen aber über die nothwendigen und zweckmäßigen Beziehungen der Thierformen werden sich an die Besprechung derselben im Einzelnen anknüpfen lassen, zu welcher wir nun übergehen.

Die Bewegungsorgane. Das Skelett der Wirbelthiere haben wir seiner histologischen Verschiedenheit nach schon oben bezeichnet als ein entweder faseriges, oder knorpliges oder knöchernes, wobei jedoch zu beachten ist, daß kein Skelett ausschließlich aus einem der eben genannten Gewebe besteht, sondern nur sehr vorherrschend, so wie auch Altersverschiedenheiten in dieser Hinsicht Veränderungen bewirken. Das faserige Skelett ist gleichsam die Grundlage, Ablagerung von Knorpel in demselben bildet eine höhere Stufe, Umänderung des Knorpels in Knochen die höchste. Wie sich dieß für die Reihe der Wirbelthiere sagen läßt, so gilt es auch für die einzelnen höheren Wirbelthiere wenigstens einigermaßen. Namentlich durchläuft aller Knochen eine Periode des Knorpelzustandes, sey es nun daß er als Knorpel in seiner vollen Gestalt vorhanden war, ehe er Knochen wurde, oder daß er einerseits immer noch als Knorpel fortwächst, während andere, früher gebildete Theile schon verknöchert sind, so daß die Verknöcherung der Knorpelbildung auf dem Fuße folgt, zu jeder Zeit nur eine äußerst geringe Menge vorhanden ist. Der gewöhnliche Knorpel ist ein transparentes und in den meisten Fällen deutliche Zellen enthaltendes Gewebe. Diese Zellen sind in den jüngsten und in gewissen (hyalinischen) Knorpeln stets die Hauptmasse, indem sie einander überall berühren, so daß keine Intercellularsubstanz sich findet. Gewöhnlich aber bildet sich bald eine bedeutende Intercellularmasse zwischen den Zellen und trennt dieselben (als sog. Knorpelkörperchen) von einander; dabei liegen sie sehr gewöhnlich in Gruppen, z. B. von zwei oder vier Knorpelkörperchen zusammengeordnet. In den sog. Faserknorpeln aber findet sich entweder zwischen den Knorpelkörpern die Intercellularmasse in Fasern umgebildet, oder es hat selbst die ganze Knorpelmasse mit Verschwinden der Körperchen einen faserigen Bau angenommen. Der chemischen Beschaffenheit nach finden sich einige Abweichungen zwischen den verschiedenen Knorpelarten. Doch stehen sie sowohl einander, als auch dem Zellgewebe alle sehr nahe, so daß sie eine natürliche Klasse von Verbindungen bilden, welche im Körper der Wirbelthiere aus Umwandlungen (Oxydation) des Proteïns gebildet werden können. Wenn Knorpel sich in Knochen umwandelt, so geht eine kleine chemische Veränderung in ihm selbst vor, welche man daran erkennt, daß er vorher durch Kochen sich nicht in den eigentlichen Leim, sondern in das sog. Chondrin umwandelt, während der verknöcherte Knorpel eigentlichen Leim gibt.

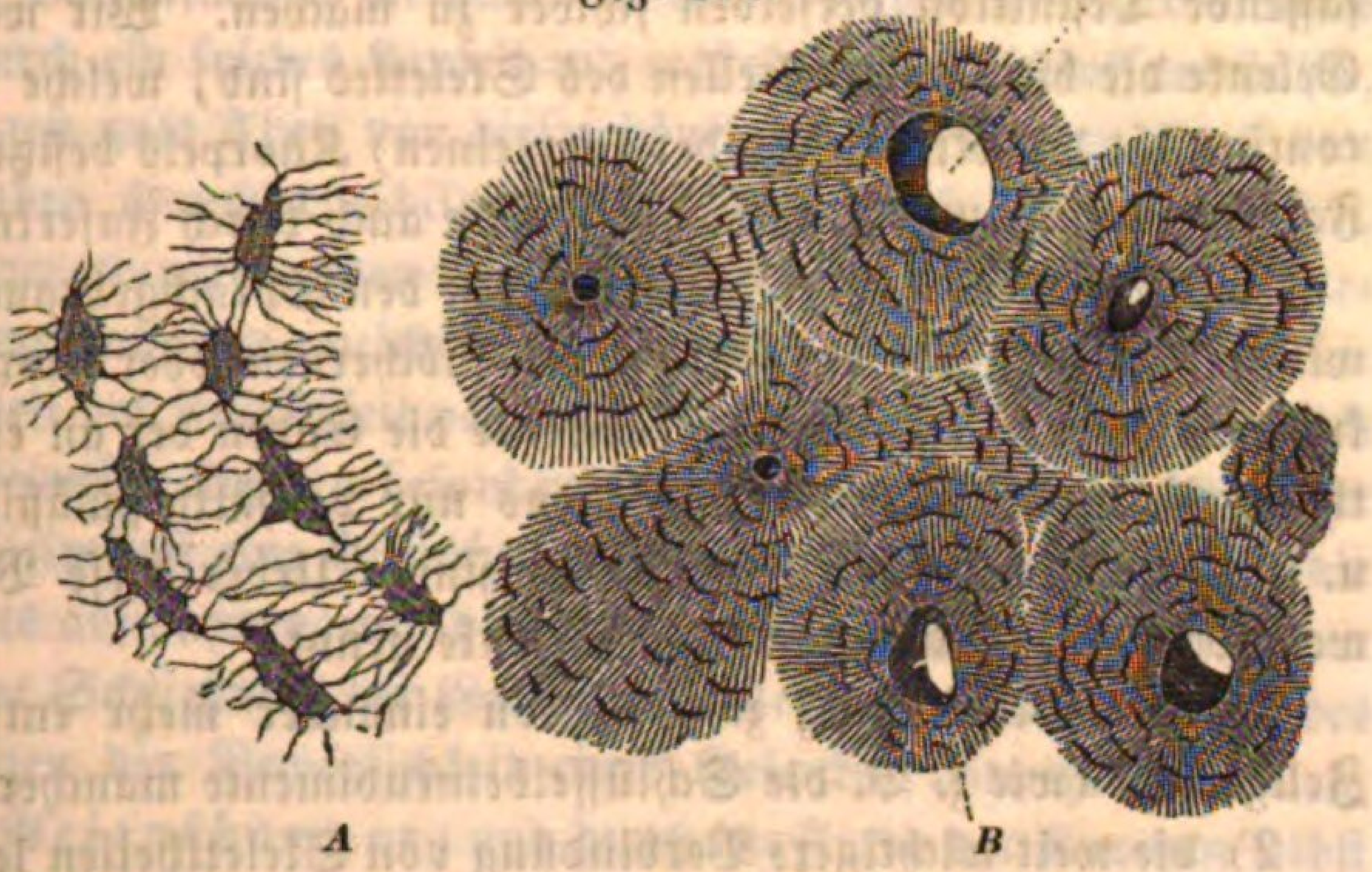
Die Umwandlung eines Knorpels in Knochen sieht man äußerlich, indem der vorher trüblich transparente Knorpel nunmehr an einer oder mehreren Stellen weiß und undurchsichtig wird. Von solchen Stellen, Verknöcherungspunkten (puncta ossificationis) schreitet die Umbildung in Knochen dann immer weiter fort.

Es geht dabei eines Theils eine wichtige Veränderung der Structur vor sich, andern Theils tritt zu dem Knorpel eine Menge von anorganischen Salzen, namentlich Kalksalzen, hinzu. Der phosphorsaure Kalk, welcher sich besonders in großer Menge in den Knochen findet, hat deßhalb vorzugsweise den Namen der Knochenerde erhalten. Die Umänderung der Structur schreitet immer an der Grenzfläche des noch knorpligen und des schon verknöcherten Theiles fort. Man findet alsbald statt der früheren Knorpelkörper ganz anders gestaltete, sog. Knochenkörper. Diese bestehen nämlich aus einer Mehrzahl feiner Kanälchen, welche von einer gemeinschaftlichen Centralhöhle ausgehen. Alle Kanälchen setzen somit an jedem Knochenkörperchen eine sternartige Figur zusammen. Vgl. Fig. 191. Wie sie sich von dem gemeinsamen Mittelpunkte entfernen, werden sie feiner, senden auch Aestchen aus. Ihr Verlauf ist nicht schlank, sondern mit unregelmäßigen Biegungen. Manche haben angenommen, daß die Ernährung der Knochen durch diese Röhrchen vermittelt würde, indem sie die Bewegungen des tränkenden Saftes allerdings unterstützen können.

Sehr gewöhnlich bemerkt man an mikroskopischen Knochenpräparaten, daß die Knochen-

körperchen eine bestimmte Anordnung zeigen, welche in Beziehung zu den sog. Knochenkanälen steht, welche Blutgefäße enthalten. Um einen solchen, bei der Präparation quer durchschnittenen Knochenkanal sieht man die nächsten Knochenkörperchen kranzartig angeordnet. Vgl. Fig. 191 B. — Der erste Kranz kann wieder von einem zweiten umgeben seyn. Doch sind die Knochenkanäle von einander gewöhnlich nicht so weit entfernt, daß mehrere Systeme oder Ringe von Körperchen um ein Kanälchen sich ohne Conflict mit anderen Systemen ausbilden könnten.

Fig. 191.



A Sehr stark vergrößertes Knochenstückchen. B Schwächer vergrößertes Knochenstückchen mit Knochenkanälen.

In gewissen Fällen finden sich eigene Formen halber Verknöcherung, z. B. in Plättchen, welche wie eine Kruste auf dem Knorpel liegen, so bei einigen Knorpelfischen.

Die Knochen zeigen sehr gewöhnlich eine äußere festere Schicht und eine innere, mehr schwammige, oder sind gar in ihrem Innern hohl. Die Lücken der schwammigen Substanz oder die größeren Höhlen im Innern der Knochen können mit Fett oder auch mit Luft ausgefüllt seyn. Der letztere Fall tritt in einigen Schädelknochen der Säugethiere, sehr ausgebreitet aber im Skelette der Vögel auf, wo sich gewöhnlich die Knochen des Rumpfes, Halses, Kopfes und ein Theil der Extremitätenknochen (namentlich der Flügel) lufthohl zeigen. Diese Lufthöhlen hängen mit den Athmungswerkzeugen zusammen.

Mit den verschiedenen Graden von Festigkeit, welche das Skelett erhält, je nachdem es der Hauptsache nach faserig oder knorpelig und knöchern ist, hängt die Nothwendigkeit oder Nichtnothwendigkeit der Bildung von

Gelenken

wesentlich zusammen. Soweit ein Skelett wesentlich faserig ist, bedarf es keiner besonderen Gelenke, die ganze Masse ist biegsam genug. Tritt aber Knorpel oder Knochen in bedeutender Ausdehnung auf, so werden alsbald Unterbrechungen derselben, biegsame Stellen oder Gelenke des Skelettes erforderlich. Wollen wir uns indessen hier nicht sogleich an den gewöhnlichen beschränkten Sinn des Wortes Gelenk binden, sondern von den planmäßig biegsamen Stellen übrigens festerer Skelette im Allgemeinen sprechen, so ist zu bemerken, daß allerdings in einzelnen Fällen selbst die Biegsamkeit des Knochens, welcher sonst gewöhnlich nur als starre Masse dient, bei normalen Bewegungen auf eine bestimmte Weise benutzt wird. So wird die Spitze des Oberschnabels bei den Vögeln durch bestimmte Bewegungen des Quadratbeines (s. u.) auf und nieder bewegt, und diese Beweglichkeit fehlt auch dann nicht, wenn der Oberschnabel ohne Gelenk an der Stirn befestigt ist. Nur die Dünnheit der Knochen, welche diese Verbindung herstellen, erlaubt dann vermöge der Elasticität die Bewegungen. Bei anderen Vögeln tritt aber allerdings auch eine wirkliche, gelenkartige Discontinuität der Knochen an dieser Stelle auf. Häufiger schon wird in ähnlicher Weise die Biegsamkeit des Knorpels in Anspruch genommen. Sehr allgemein bei Säugethieren, auch bei manchen Reptilien in der Verbindung zwischen Rippen und Brustbein, welche für die Athmung beweglich seyn muß, ausgebildeter Gelenke aber entbehrt, wenn die genannte Verbindung durch Knorpel hergestellt ist. Auf eine solche Verbindungsweise zweier gegen einander beweglichen Theile durch ein ausgedehnteres und biegsames Zwischenstück läßt sich der Namen des Gelenkes nicht wohl anwenden. Es ist aber die Reihe der Formen von Gelenken, welche hiernach übrig bleiben, immer noch groß genug, um eine um-

fassende Definition derselben schwer zu machen. Wir werden vielleicht sagen dürfen, daß Gelenke die biegsamen Stellen des Skelettes sind, welche diese Eigenschaft durch eine Discontinuität des Knochens oder (gemeinen) Knorpels besitzen, so daß die Verbindung durch Faserbandmasse und in manchen Fällen auch durch Faserknorpel hergestellt ist.

Indessen wird dieser Definition, um den Sprachgebrauch nicht zu verletzen, noch beigefügt werden müssen, daß der Hiatus im knöchernen oder knorpligen Skelette stets nur ein sehr kurzer seyn darf, so daß sich entweder die Enden der an einander eingelenkten Knochen doch theilweise berühren, oder wenigstens nur verhältnißmäßig dünne Platten von Faserknorpel u. s. w. zwischen ihnen eingeschoben sind. Ueber diese Verbindungen hinaus gibt es noch weit lockerere, welche man nicht Gelenke nennt:

1) eine Verbindung zweier, von einander mehr entfernter Knochenenden durch festes Zellgewebe (wie z. B. die Schlüsselbeinrudimente mancher Säugethiere befestigt sind);

2) die weit wichtigere Verbindung von Skelettheilen lediglich durch Muskeln, Fleischverbindung (Syssarkosis), wie sie namentlich bei sehr vielen Wirbelthieren das Schulterblatt mit den Wirbeln und Rippen in Verbindung setzt.

Als unvollkommene Gelenke kann man diejenigen Verbindungen gelten lassen, in welchen zwei Knochenenden ohne anderweite Vorrichtung durch kurzes festes Zellgewebe an einander beweglich gebunden sind.

In allen wirklichen Gelenken aber lassen sich, an den mit einander eingelenkten Skelettstücken, gewisse Flächen als Gelenkflächen bezeichnen; es sind diese entweder mit einander unmittelbar in Berührung, bestimmt an einander zu gleiten, oder es ist eine Schicht von Faserknorpel theilweise oder vollständig zwischen sie gebracht, welche in vielen Fällen als eine Art von Polster zu betrachten ist, daneben aber auch oft zur Befestigung der beiden Flächen an einander beiträgt.

Mögen aber die Gelenkflächen noch eine solche Masse zwischen sich haben oder nicht, immer ist für die Befestigung zweier an einander eingelenkten Knochen noch durch sehnige Bänder gesorgt, welche im Umkreise der Gelenkflächen an beiden Knochen befestigt, von dem einen zum andern hinüber gehen.

Auf der Form der Gelenkflächen, der Schlaffheit oder Straffheit der Bänder, der Lage ihrer Befestigungspunkte beruht nun die Ausdehnung und Richtung der Bewegungen beider Knochen an einander.

Es ist begreiflich, daß eine bedeutende Verschiebung zweier einander berührenden, immerhin glatten Flächen, nicht möglich ist, so lange zwischen ihren Rändern ringsum eine Verbindung durch einigermaßen straffe Sehnenfasern besteht. Solche Gelenke sind daher auch sehr unvollkommene. Wo sie im Skelette angewandt werden, da ist entweder nur eine gewisse Elasticität bezweckt, wie z. B. in manchen Verbindungen der Fuß- und Handwurzel, oder es wird eine merklichere Bewegung dadurch erzielt, daß eine Reihe von Knochen sämmtlich auf diese Weise an einander geknüpft sind. Diese Art von Bewegung besitzt z. B. oft die Wirbelsäule. Die Verbindung der Fischwirbel unter einander gehört in vielen Fällen wesentlich hieher, wiewohl sie von einigen anatomisch bemerkenswerthen Nebenumständen begleitet ist. Diese Wirbel haben nämlich kreisrunde Gelenkflächen; je zwei auf einander folgende Wirbel berühren einander aber nur ringsum mit den Rändern dieser Gelenkflächen, während die Flächen selbst concav sind, also von einander weichen und in der Mitte am weitesten von einander abstehen. Der Zwischenraum ist mit einer später zu besprechenden weichen Masse gefüllt. Die Befestigung der Ränder an einander ist es, worauf der Grad der Beweglichkeit wesentlich beruht.

Soll in einem Gelenke ein höherer Grad von Beweglichkeit Statt finden, so ist das fibröse Gewebe, welches die Ränder beider Gelenkflächen verbindet, weniger angespannt, bildet bei einer mittlern Lage der einen Gelenkfläche an der andern nach einigen Seiten oder auch ringsum einen schlaffen Beutel, so daß nach einigen oder allen Richtungen hin eine

merkliche Verschiebung der beiden Gelenkflächen an einander Statt finden kann, bis dieses Kapselband sich anspannt. Durch ein solches Kapselband entsteht eine geschlossene Höhle, Gelenkhöhle, deren Wandungen zum Theil von dieser häutigen Kapsel, zum Theil von den zum Gelenke zusammentretenden Knochen gebildet sind. Es wird hierdurch möglich, in solchen Gelenken stets einen Vorrath einer zähen Flüssigkeit, der schleimstoffhaltigen Gelenkschmiere, Synovia, zusammenzuhalten, welche die Bewegung der Gelenkenden an einander erleichtert. Die Beschaffenheit der Flüssigkeit paßt sich dem Bedürfnisse so vortrefflich an, daß sie in viel gebrauchten Gelenken immer besonders zähe gefunden wird. Man hat dieß daraus erklärt, daß der Schleimstoff eine Auflösung der Epithelzellen sey, welche die Kapselhaut auskleiden und sich stets abschuppen, und daß eben die Reibung der Gelenkflächen diese Auflösung befördere. In der Schließung der Gelenkhöhle liegt die Hauptfunktion des Kapselbandes, während die Gränzen der Beweglichkeit eines Gelenkes hauptsächlich durch stärkere, bandartige Faserstränge, Gelenkbänder, und durch die Form der Knochen selbst bedingt sind.

In vielen Fällen sind die Gelenkflächen Rotationsflächen, die eine convex, die andere, sich ihr anschließend, concav, so daß die Bewegung eine Rotation um die Axe dieser Flächen, eine Bewegung in einer die Axe rechtwinklig schneidenden Ebene seyn muß. Die Form der Flächen macht dabei seitliche Ausweichungen meist unmöglich oder schwierig durch Abweichungen von der Cylinderform: um einen Theil der Axe hat die Krümmung einen kürzern, um einen andern einen längern Radius, so daß z. B. daraus eine Rotationsfläche entsteht, welche in ihrem mittlern Theile enger als an den Rändern ist. Jede Art der Abweichung von der Drehung um die genannte Axe ist dabei um so sicherer verhütet, je weiter die Convexfläche von der Hohlfläche umfaßt wird. Beträgt diese Umfassung mehr als 180°, so ist selbst unabhängig von allen Gelenkbändern, am Skelette, keine Entfernung der beiden Flächen von einander möglich. So findet man es z. B. an der Einlenkung des Unterkiefers einiger Raubthiere, besonders beim Dachse. Zwischen dieser Gelenkform und dem reinen einfachen Kugelgelenke liegen manche, zum Theil complicirte Einrichtungen. Wir heben nur einige dieser Formen hervor.

Als wirkliche, einfache Rotation, dabei aber freilich eigenthümlich erscheinend, nennen wir den Fall, daß ein Knochen an einem Ende oder einem besondern Fortsatze eine völlige Rotationsfläche besitzt, welche sich in einem vollständigen Ringe dreht. Beispiel: Verbindung der beiden obersten Halswirbel der Säugethiere.

Eine Abweichung von der einfachen Rotation tritt in manchen Gelenken hervor, deren Gelenkflächen, wenn man sie in der Ebene derjenigen Bewegung, welche sie zulassen, durchschneidet, nicht einen kreisförmigen Umriß darbieten, wie die eben beschriebenen, sondern Abweichungen von der Kreislinie, z. B. zur Spirale oder auch complicirtere.

Wir verweisen auf das Kniegelenk bei Säugethieren, das Ellenbogengelenk bei Vögeln, das Fersengelenk beim Storch. Es werden dadurch in verschiedenen Fällen verschiedene Zwecke erreicht.

Eine Vereinigung zweier sich rechtwinklig schneidenden Rotationen ist auf eine schöne Weise durch eine Gelenkform erreicht, welche wir das sattelförmige Gelenk nennen wollen. Die Wirbel der Vögel bieten an ihren Körpern diese Gelenkflächen dar. Jede von zwei auf einander passenden Gelenkflächen ist concav und convex zugleich, wie ein tiefer Sattel, welcher von rechts nach links convex, von vorn nach hinten concav ist. Indem nun die Concavität der einen sich der Convexität der andern anschließt und umgekehrt, so liegt für die eine Rotation die Axe in dem einen Wirbel, für die rechtwinklig darauf gerichtete in dem andern. Das beweglichste Gelenk wird natürlich erreicht, wenn die beiden Gelenkflächen Theile von Kugelflächen sind. Ein solches Kugelgelenk läßt, soweit es von der Form der Gelenkflächen abhängt, Rotation um alle durch den Mittelpunkt der Kugel denkbaren Axen zu. Beschränkung dieser Drehungen kann nur durch die anderweite Gestalt der das

Gelenk umgebenden Knochen und Bänder bedingt seyn. Hier ist auch eine Drehung des einen der beiden Knochen um seine Längsaxe möglich, sobald diese, verlängert gedacht, in eine jener Axen der Kugel fällt. Am Oberschenkelbeine, z. B. des Menschen, findet dieses Zusammenfallen nicht Statt. Wohl aber in der Einlenkung der kleinen Speiche (radius) des Vorderarmes am Oberarmbeine. Im letztern Falle trägt der relativ feststehende Knochen, das Oberarmbein, eine convexe Gelenkfläche, welche einen Theil einer Kugel bildet, und der Radius schließt sich daran mit einem kleinen Stücke der entsprechenden Hohlkugelfläche. Die vollständige Benutzung dieser Kugelgestalt ist in diesem Falle durch die Verbindung des Radius mit der Ulna oder großen Speiche ausgeschlossen. Der Radius kann sich von der Ulna nicht entfernen und rotirt deßhalb nur um zwei Axen: um die, welche auch der Ulna als Axe dient, und um eine mit seiner eigenen Längsaxe parallele, wobei die Distanz seiner Gelenkenden von denen der Ulna dieselbe bleibt. Da er die Ulna theilweise berührt, also bei der letztern Bewegung sich an ihr reiben muß, so besitzt auch die Ulna eine Gelenkfläche für den Radius, eine Gelenkfläche, welche sogar durch ein den Radius umschlingendes Band zu einem Ringe vervollständigt wird.

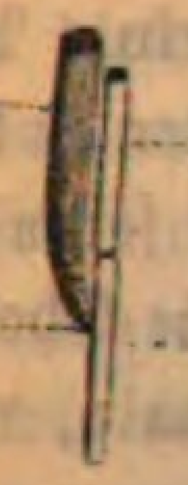
Manche bemerkenswerthe Bildungen einzelner Gelenke werden wir bei der Betrachtung des Skelettes im Einzelnen erwähnen. Verwickelter werden die Verhältnisse oft (so namentlich in dem eben beschriebenen Ellenbogengelenke), indem mehr als zwei Skelettstücke in eine Einlenkung zusammentreten.
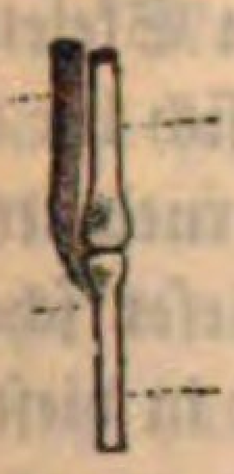
Steigen wir dann endlich von einer Betrachtung einzelner Gelenke und Knochen zu einer Gesammtbetrachtung eines Thieres und seiner Bewegungen auf, so wird uns die große Manchfaltigkeit derselben begreiflich, und die Extremitäten, besonders deren Endglieder, zeigen uns die höchste Manchfaltigkeit der Stellungen gegen den Rumpf, eine Beweglichkeit, welche das Resultat der sämmtlichen zwischen Rumpf und Endglied gelegenen beweglichen Verbindungen ist. Die Bewegungsfähigkeit der menschlichen Hand, auf der Verbindung des Schulterblattes mit dem Rumpfe, des Oberbeins mit dem Schulterblatte, des Vorderarmes mit dem Oberarme, auf der Einlenkung der Hand am Vorderarme und schließlich noch auf der künstlichen Bewegung der einzelnen Theile der Hand unter sich begründet, ist leichtlich das vollendetste Beispiel eines solchen Mechanismus. Alle diese Gelenke nun sind mit den Muskeln versehen, deren Anheftung den durch die Formen und Bänder jedes Gelenkes als möglich gegebenen Bewegungen entsprechen. Die Muskeln gehen dabei häufig direkt von dem einen der beiden an einander eingelenkten Knochen zum andern hinüber, z. B. vom Oberarm zum Vorderarm, Oberschenkel zum Unterschenkel; in anderen Fällen überspringen Muskeln aber auch einen oder selbst mehrere Knochen, und können dadurch complicirtere Funktionen haben. Ein Muskel z. B., welcher vom Becken entspringend über den Oberschenkel hinabläuft und sich an die Kniescheibe setzt, kann das gekrümmte Knie strecken. Ist es aber gestreckt, oder wird es durch andere Muskeln in gekrümmter Lage festgehalten, so kann derselbe Muskel den ganzen Schenkel heben.

Die Muskeln befestigen sich an den Knochen, welche sie zu bewegen haben, sehr häufig nahe dem Gelenke, in welchem die Drehung geschehen soll. So z. B. die Muskeln, welche den Arm strecken sollen, an die Ellenbogenecke. Diese Anheftungsweise erscheint zwar sehr ungünstig nach den Gesetzen des Hebels. Aber, abgesehen davon, daß eine andere nicht durchzuführen seyn würde, ohne sehr große sonstige Nachtheile, ist auch das Mangelhafte dieser Einrichtung doch nur scheinbar. Darum nämlich, weil sich mit derselben der Vortheil verbindet, daß die Muskeln sich nur um ein Geringes zu verkürzen brauchten, um an dem entfernten Ende des bewegten Knochens eine umfangreiche Bewegung zu bewirken. Den Vortheil davon wird man leicht einsehen, wenn man sich das oben Gesagte zurückruft, daß die Muskeln immer schwächer wirken, je mehr sie sich zusammengezogen haben.

Die Knochen sind in der Nähe der Gelenke gewöhnlich dicker als in ihren Mittelstücken. Dieß ist schon nöthig, um diesen Gelenkstellen die nöthige Festigkeit zu geben. Anderntheils

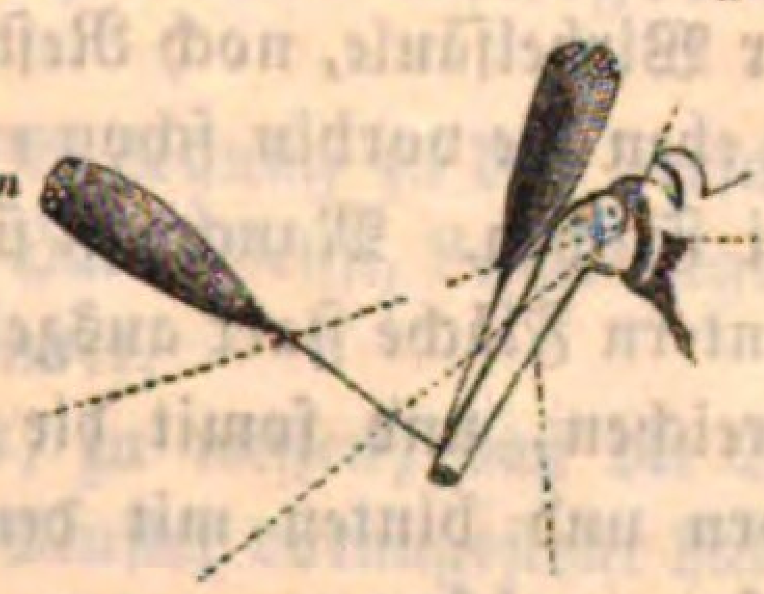
Fig. 192. Fig. 193.





ist damit öfters ein für die Muskeln nachtheiliger Umstand vermieden, welchen man aus den nebenstehenden Figuren leicht begreifen wird. In der ersten Figur legt sich der Muskel schlicht über das Gelenk hin bis zu seiner Anheftungsstelle. Sollte nun die Drehung des untern Knochens um den obern beginnen, so wäre der Muskel im ersten Augenblicke nur durch eine große Anstrengung im Stande, diese Bewegung in Gang zu setzen, indem fast alle seine Kraft nur die Wirkung haben würde, einen gewaltigen Druck der beiden Knochen gegen einander zu bewirken. Die Verdickung des Gelenkes, wie die zweite Figur sie zeigt, hat also den Nutzen, den Fasern des untern Muskelendes eine vortheilhaftere Richtung im Verhältnisse zu der Bewegung zu geben, welche der Ansatzpunkt vollführen soll. Immer noch ist diese Richtung bei weitem nicht die vortheilhafteste, welche sich denken läßt. In der beistehenden Figur würde der Muskel m den Knochen mit viel mehr Kraft heben, als der Muskel n es thut. Wenn nun aber demungeachtet Ansatzrichtungen wie die letzteren gewöhnlich sind, so ist das wiederum deßhalb gar nicht zu schädlich, weil der so angeheftete Muskel sich auch weit weniger zu contrahiren braucht. Zudem denke man sich, welche Formen von Gliedern entstehen müßten, wenn die Muskeln nicht großentheils dicht an den Knochen liegen könnten, sondern rechtwinklich darauf gerichtet seyn müßten. Ja, wie wäre das überhaupt ausführbar!

Fig. 194.



Um nun eine Skizze vom Bau des Skelettes bei den Wirbelthieren zu entwerfen, müssen wir von dem Centraltheile desselben, der Wirbelsäule ausgehen, welche der ganzen Klasse den Namen gibt. Dabei befinden wir uns aber in der Verlegenheit, an dieser Wirbelsäule, wenn wir den Begriff des Wortes nicht allzu sehr ausdehnen wollen, dennoch nichts der ganzen Klasse Gemeinsames zu besitzen. Wir müssen vielmehr in embryonale Zustände der höheren Wirbelthierformen zurückgreifen, um darin aufzufinden, was sich mit der bleibenden Beschaffenheit des Skelettes der niedriger stehenden vergleichen läßt. Dieß Organ ist die sog. Rückensaite, Chorda dorsalis, zu einer Zeit im Leben jedes Wirbelthieres vorhanden und deßhalb eher als die eigentliche Wirbelsäule zu dem Anspruche berechtigt, der Klasse den Namen zu geben, der noch besser freilich vom Rückenmarke hergenommen wird. Unter dem Rückenmarkskanale, in der Ebene, welche den Körper des Wirbelthieres in zwei symmetrische Hälften theilt, findet sich ein Cylinder ausgestreckt, welcher, wo er ein bestimmtes Gewebe erlangt, sich als großzelliger, hyalinischer Knorpel, in einigen Fällen jedoch auch faserig erweist. Dieser Strang ist die chorda dorsalis, welche bei den höheren Wirbelthieren schon im embryonalen Leben schwindet und den eigentlichen Wirbelkörpern, deren Stelle sie bis dahin eingenommen, Platz macht, bei vielen Fischen und einigen Reptilien theilweise ihren Platz behauptet, bei den Cyklostomen und dem Branchiostoma aber ganz unbeeinträchtigt durch die Entwicklung von Wirbelkörpern bleibt. Das Lagenverhältniß dieses Knorpels zu den ersten Rudimenten des Skelettes ist nun folgendes: Schneiden wir einen passenden Fisch, z. B. ein Neunauge, senkrecht auf seine Längsachse durch, so sehen wir auf dieser Querschnittsfläche den runden Durchschnitt der Chorda dicht unterhalb des durchschnittenen Rückenmarkskanales und (je nachdem der Schnitt an Rumpf oder Schwanz geführt wurde) oberhalb der Bauchhöhle oder wenigstens oberhalb einiger kleiner Kanäle, welche wichtige Blutgefäße umschließen.

In dieser Lage finden wir die Chorda, wir mögen den Schnitt führen, wie wir wollen, wenn wir es nur nicht zu weit nach vorn am Kopfe vornehmen. Denn bei allen Wirbelthieren, welche ein Gehirn besitzen, reicht die Chorda nur bis unter einen Theil desselben vor. Nur bei dem Branchiostoma, dessen Nervencentraltheil bis an sein vorderstes Ende den

Charakter eines Rückenmarkes behält, bei diesem reicht die Chorda ebenso wohl nach vorn als nach hinten bis in das Ende des Thieres und seines faserigen Skelettes hinein. Auf dem Querschnitte, auf welchem wir die Chorda betrachten, läßt sich ihr Verhalten zu den Hauptttheilen des faserigen, primordialen Skelettes vortrefflich wahrnehmen. Wir sehen die Rückensaite zunächst umschlossen von einem häutigen Kanale. Dieser scheidet die Chorda von der Umgebung, z. B. vom Rückenmarke. Sie liegt meist locker in diesem Kanale, man kann sie aus kürzeren Stücken leicht hinausschieben.

Dieses aus faserigem Gewebe gebildete Rohr wird bei anderen Thieren die Grundlage der eigentlichen Wirbelkörper; dieselben zeigen sich überall zuerst im Umfange der Chorda. Indem dann die Entwicklung eines jeden Wirbelkörpers von Außen nach Innen fortschreitet, wird die Chorda mehr und mehr beengt, bei vielen schließlich ganz verdrängt. Bei anderen bleiben aber auch, entweder in allen Wirbeln oder in einem Theile, z. B. im Schwanztheile der Wirbelsäule, noch Reste der Rückensaite während des ganzen Lebens zurück. Dieser Art ist eben die vorhin schon erwähnte Masse zwischen den concaven Flächen der Wirbelkörper bei Fischen. Manchmal sind diese Wirbelkörper nicht bloß biconcav, an ihrer vordern und hintern Fläche stark ausgehöhlt, sondern diese Höhlungen gehen so tief, daß sie einander erreichen, und somit die zwischen je zwei Wirbeln eingeschlossenen Reste der Chorda nach vorn und hinten mit den entsprechenden Stücken zwischen den nächsten Wirbelkörpern zusammenhängen.

Es ist nach dieser Darstellung wohl zu entnehmen, daß die Chorda zu den in ihrer Umgebung sich bildenden Skeletttheilen nicht in dem Verhältnisse des Knorpels zu dem aus ihm entstehenden Knorpel sich befindet. Sie verknöchert nicht. Die Wirbelkörper aber bestehen auf einer niedrigen Stufe selbst aus einem von der Chorda verschiedenen Knorpel.

Mit dem die Chorda umschließenden Rohre nun, welches wir hiernach als den Repräsentanten der Reihe der Wirbelkörper zu betrachten haben, stehen noch andere faserige Membranen in Verbindung, welche ebenso als erste Grundlage der auf höheren Stufen der Skelettbildung auftretenden, mit den Wirbelkörpern verbundenen Knorpel und Knochen zu betrachten sind. Diese Theile des faserigen Skelettes sind an das beschriebene Rohr in vier Linien angeheftet, zwei obere und zwei untere. Von den oberen Anheftungslinien, welche ebenso wie die unteren einander symmetrisch gelagert sind, erheben sich zwei membranöse Wandungen, welche alsbald oberhalb des Rückenmarkes sich gegen einander neigen und somit eine Röhre für dieses Organ, oberhalb der Röhre für die Chorda bilden. Vereint steigen dann über dem Rückenmarke beide Platten in der Mittelebene des Körpers zwischen den Muskeln auf bis an die Rückenfläche, nur in einem Theile dieses Verlaufes gleichsam auseinandergetrennt durch eine strangförmige Fasermasse, welche dem Rückenmarke und der Chorda parallel durch das Thier läuft.

Bildet sich das Skelett knorplig oder knöchern aus, so entstehen in den eben beschriebenen Membranen die Bogenschenkel der Wirbel, welche das Rückenmark umgeben und die Dornfortsätze, welche von den vereinten Bogenschenkeln in der Mittellinie bis zur Rückenfläche aufsteigen. Bei manchen Fischen ist noch ein in einiger Entfernung über dem Rückenmarke laufender Faserstrang vorhanden, welcher durch sämmtliche Dornfortsätze hindurchgeht, wie der oben erwähnte Strang im Faserskelette. Nach unten gehen von dem Rohre der Chorda ebenfalls zwei Membranplatten aus und schließen sich in der Schwanzgegend des Körpers auf eine ähnliche Weise in einiger Entfernung unter der Chorda an einander; ebenso wie die oberen Platten lassen sie, theils zwischen sich und dem Chordenrohre, theils, durch ein abermaliges Auseinanderweichen, bloß zwischen sich, zwei unterhalb der Chorda gelegene, für Blutgefäße bestimmte Kanäle. Wo die Leibeshöhle unter der Chorda liegt, da müßten diese Platten diese Höhle umspannen, entwickeln sich aber in der Regel nicht deutlich in solcher Ausdehnung. Ihre Anfänge, als zwei am Chordenrohre verlaufende Leisten, kommen jedoch sehr deutlich vor. Ganz ähnlich wie am knorpligen oder Knochenskelett sich

in den oberen Platten die Wirbelbogen und oberen Dornfortsätze bilden, so findet man auch in diesen unteren Membranen untere Wirbelbögen und untere Dornen entwickelt, und zwar am Schwanze sehr häufig und ausgebildet, also eben da, wo auch die Platten des faserhäutigen Skelettes sich so deutlich zu zeigen pflegen. — Das einfache Bild eines vollständigen Wirbels bietet uns nunmehr: einen Wirbelkörper, welcher unter dem Rückenmarke seinen Platz hat; von dem Körper gehen zwei Schenkel nach oben (Neurapophysen) und vereinigen sich über dem Rückenmarke zum Dornfortsatze, zwei andere (Hämapophysen) gehen nach unten und vereinigen sich, wenigstens in vielen Fällen, auch zu unteren Dornen.

Hieran haben wir nun zunächst zu knüpfen:

Die Modifikation der Form dieser Theile: ihre Verkümmerungen; die verschiedenen Arten ihrer Verbindung unter einander; gewisse Knochen, welche sich zunächst an sie schließen, um mehr oder weniger die Rumpfhöhle zu umspannen.

Da aber alle diese Verschiedenheiten hauptsächlich in inniger Beziehung zu den verschiedenen Körpergegenden stehen, an welchen die Wirbel sich finden: Hals, Brust, Lendengegend, Becken, Schwanz, so verbinden wir beide Darstellungen mit einander.

Wichtig für manche Modifikationen der Wirbelbildung ist es, zu wissen, daß die Verknöcherung eines so vollständigen Wirbels, wie wir ihn eben als Muster vorangestellt haben, mindestens von fünf Punkten ausgeht, von denen zwei und zwei symmetrisch paarig sind. Bei Skeletten junger Thiere kann man sehr gewöhnlich noch die Gränzen der Stücke unterscheiden, aus welchen der Wirbel entsteht. Die Verknöcherung ist von den verschiedenen Ossifikationspunkten ausgegangen, in der knorpligen Grundlage fortgeschritten, hat aber noch nicht allen Knorpel in Knochen umgewandelt, so daß noch deutliche Knorpelscheibchen die Gränze zwischen den einzelnen Theilen andeuten, welche wir Wirbelelemente nennen wollen. Auch verlieren sich diese Gränzlinien nicht bei allen Thieren und bei manchen nur spät. — Das unpaare Element bildet den Kern des Wirbels, umschließt die Chorda unmittelbar und ist das constanteste von allen. Die beiden oberen Bogenschenkel, ebenso wie die beiden unteren, haben jeder einen Knochenkern für sich und bilden die beiden paarigen Elemente. Diese tragen mittelst der Basis, mit welcher sie auf dem unpaaren Kerne stehen, in vielen Fällen zur Bildung des Körpers bei.

Manchmal ist von ihnen, namentlich den Hämapophysen an manchen Fischwirbeln, nur diese Basis entwickelt, so daß sie ganz zu Theilen des Körpers herabsinken. In anderen Fällen sind sie mehr ausgebildet, ohne jedoch einen Bogen mit einander zu bilden: sie sind zu kurz, um die Höhle, welche sich unter den betreffenden Wirbeln befindet, zu umfassen; sie erscheinen nur als quer gerichtete Fortsätze der Wirbelkörper. In vielen Fällen sind aber auch die Hämapophysen, seltener die Neurapophysen, nicht mit dem unpaaren Stücke verwachsen, sondern nur locker damit verbunden. Sie stehen sehr gewöhnlich dicht an dem vordern oder hintern Rande ihres Wirbelkörpers, so daß sie den nächsten Wirbelkörper berühren. Daraus geht hervor, daß man, wenn sie mit dem Wirbel nicht fest verbunden sind, oft nicht entscheiden kann, welchem von den beiden Wirbelkörpern, auf deren Gränze ein solcher Bogen steht, derselbe angehört. Dasselbe gilt von manchen einfachen Knochenkernen, welche statt jener Bogen zuweilen an der untern Seite der Wirbelkörperreihe, auf den Gränzen einzelner Wirbelkörper vorkommen.

Fig. 195.



a Wirbelkörper; b Dornfortsatz.

Sehr häufig finden sich aber (und so ist es an dem beistehenden Wirbel) weder zwei noch ein solcher unterer Knochenkern, der Wirbel besteht dann aus drei, zwei oder einem Elemente. Der erste Fall bedarf keiner Erläuterung, er ist der vorherrschende bei den meisten Thieren der drei höheren Wirbelthierklassen und so auch in der menschlichen Wirbelsäule, welche Fig. 196 abgebildet ist. Der zweite kommt nur selten vor; doch hat man bei gewissen Batrachiern beobachtet, daß das centrale Element

fehlte, nur die Basen der beiden oberen Stücke die Wirbelkörper bildeten. Der dritte Fall dürfte sehr gewöhnlich an den letzten Schwanzwirbeln z. B. bei den Säugethieren seyn, worüber alsbald mehr.

Fig. 196.



Als accessorisch können Knochenkerne betrachtet werden, welche zuweilen auf der Spitze der oberen Dornfortsätze auftreten. Auch die Körper der Wirbel tragen zuweilen an den Flächen, welche sie einander zukehren, accessorische Stücke. So haben namentlich die Säugethiere regelmäßig an jedem Wirbelkörper vorn und hinten eine Knochenplatte, welche erst spät mit dem Körper verwächst.

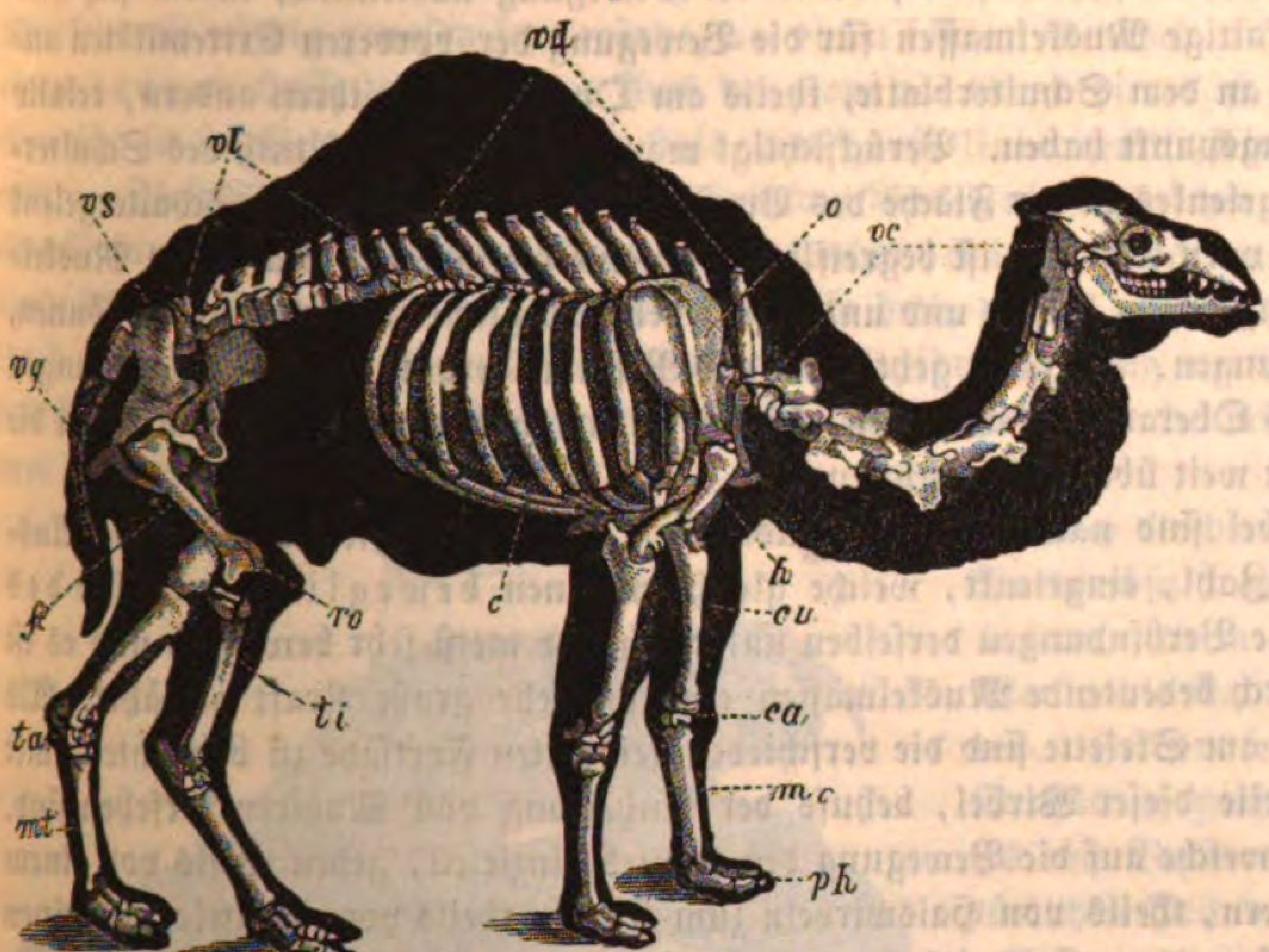
Unabhängig von der Anzahl der Elemente eines Wirbels ist einigermaßen seine Gestalt, namentlich manche Fortsätze, welche von dem Wirbel vorspringen. Sie können dienen zur Befestigung der Wirbel an einander oder an andere Knochen, in vielen Fällen ist ihr Hauptnutzen darin enthalten, daß sie Muskeln Raum zu ihrer Befestigung gewähren. Solche Fortsätze können ausgehen von dem unpaaren Elemente, sowie auch von jedem der paarigen. Manche derselben werden wir alsbald kennen lernen, sowie auch die wichtigen, sich manchen Wirbeln anlegenden Knochen: Rippen, Darmbein. Hie und da, besonders bei knorpligen Skeletten, kommt es vor, daß accessorische Stücke die Lücken zwischen den Bögen der verschiedenen Wirbel ausfüllen.

Ganz auffallend ist auch der seltene Fall, daß zwischen Wirbel von einer mehr gewöhnlichen Beschaffenheit sich andere abwechselnd eingeschoben finden, welche gar keine Spuren von oberen oder unteren Bögen an sich tragen.

Indessen wollen wir in der Aufzählung der zahlreichen anatomischen Thatsachen, welche kein oder wenig physiologisches Interesse darbieten, nicht weiter gehen, sondern nun alsbald die Wirbelsäule der Säugethiere betrachten und mit dieser dann die übrigen vergleichen. Wir wählen dieß Verfahren, weil die Gliederung der Wirbelsäule in verschiedene Regionen bei den Säugethieren besonders schön entwickelt ist.

Als einfachen leitenden Grundsatz wollen wir aber dieser Uebersicht voranschicken: daß in der Wirbelsäule mancher Thiere die Festigkeit und Beweglichkeit der Verbindungen mehr gleichmäßig durch das Ganze vertheilt ist, oder allmälich von einem Ende zum andern sich abändert, während in anderen starrere und biegsamere Glieder abwechseln. Das erste findet besonders da Statt, wo die Biegungen und Streckungen der Wirbelsäule selbst, wie bei den Fischen, das Hauptmittel der Bewegung sind, das andere dagegen, wo der Körper auf Extremitäten getragen werden muß. Dann entsprechen den Anheftungsstellen der Extremitäten die weniger biegsamen, oft völlig steifen Theile der Wirbelsäule, während sich davor und dahinter, oft auch dazwischen, biegsame Wirbelstrecken befinden. Bei den Säugethieren unterscheiden wir fast überall fünf Wirbelgruppen oder Regionen oder Glieder der Wirbelsäule. Drei derselben bilden gleichsam ein Centrum, gegen welches die übrigen Theile des Körpers sich zu bewegen haben: Brust, Lenden und Beckengegend, vor ihnen ist der Hals, hinter ihnen der Schwanz. Die Brustgegend des Skelettes ist charakterisirt durch die Rippen, welche hier auftreten, und mit der Zahl der Rippenpaare wechselt die Zahl der Brustwirbel bedeutend. Jede wahre Rippe ist mit ihrem obern Ende (die Wirbelsäule immer horizontal gedacht) an den Brustwirbeln befestigt, so daß jedem Rippenpaare ein Wirbel entspricht, und steigt von da, einen nach Außen convexen Bogen bildend, herab, so daß die unteren Enden sich wieder gegen einander neigen. Diese Enden sind durch die länglichen Rippenknorpel an dem Brustbeine befestigt, einen Knochen, welcher im vordersten Theile der untern Rumpfwand seine Lage hat, mithin der Wirbelsäule gerade gegenüber liegt. Somit ist ein Theil der Rumpfhöhle gleichsam von einem knöchernen Käfig umgeben und bildet die Brusthöhle. Die sogenannten falschen Rippen folgen auf die ächten nach hinten zu und weichen von deren Bildung, Lagerung und Verbindung um so mehr ab, je weiter nach hinten. Sie sind nämlich

Fig. 197.



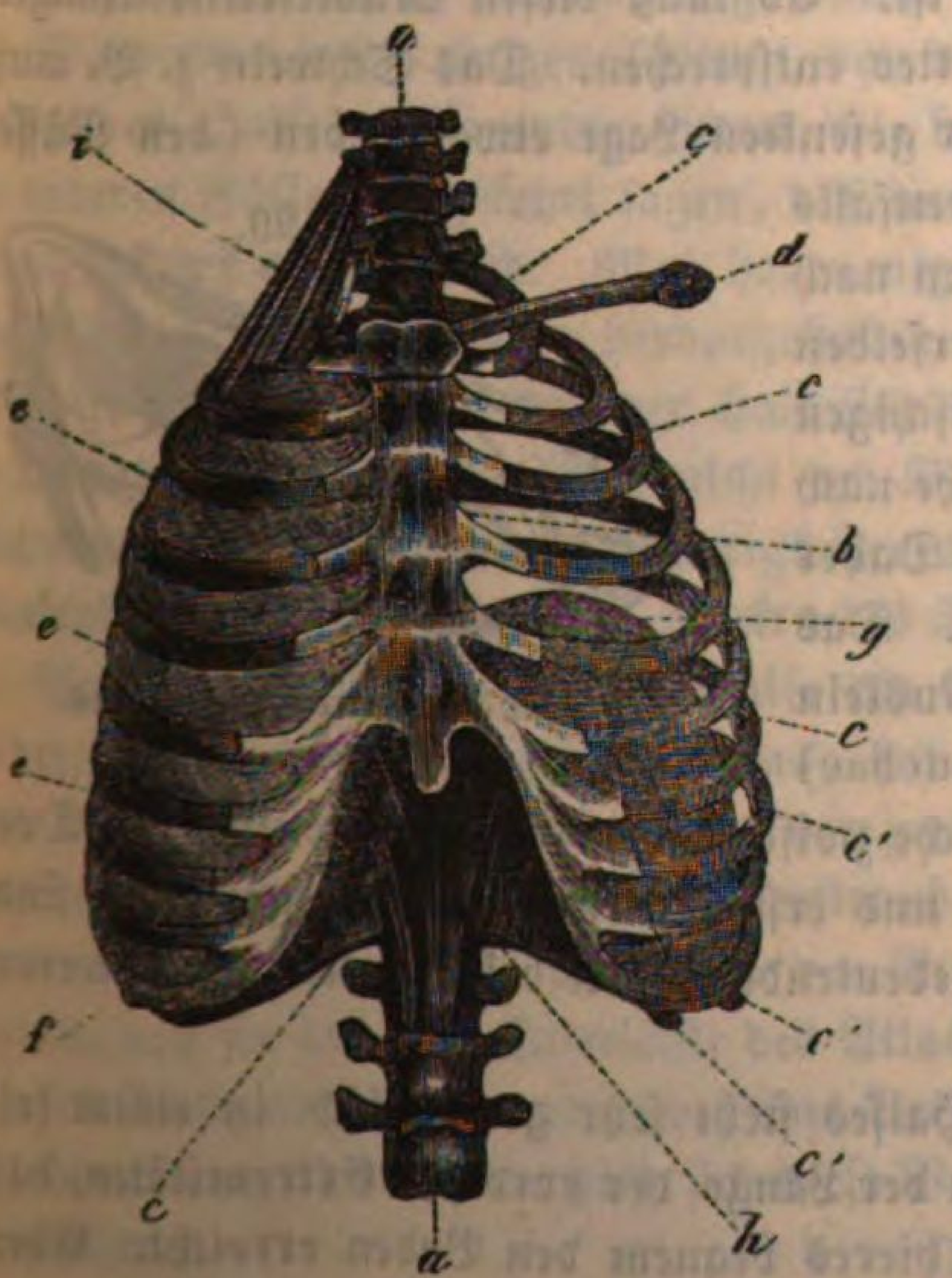
vc Halswirbel.
vd Rücken- od. Brustkorb.
vl Lendenwirbel.
vs Beckenwirbel.
vq Schwanzwirbel.
o Schulterblatt.
h Oberarm.
cu Vorderarm.
ca Handwurzel.
mc Mittelhand.
ph Fingerglieder.
fe Oberschenkel.
ro Kniescheibe.
ti Unterschenkel.
ta Fußwurzel.
mt Mittelfuß.
c Rippen.

Kameelskelet.

je weiter nach hinten um so kürzer und verbinden sich auch durch ihre Knorpel nicht mehr direkt mit dem Brustbeine, sondern die Knorpel des ersten Paares der falschen Rippen legen sich bloß an die Knorpel der letzten ächten, die Knorpel des zweiten Paares der falschen Rippen an die des ersten u. s. f. — Die allgemeinste Form dieses sogenannten Brustkorbes ist als die eines schräg abgeschnittenen Kegels zu bezeichnen.

Die Spitze des Kegels liegt nach vorn, d. h. der Brustkorb ist nach vorn enger, indem die Rippen und Rippenknorpel, welche ihn hier umgeben, kürzer sind. Die schräge Fläche, welche den Kegel beendigt, liegt hinten und bildet die Gränze zwischen Brust- und Bauchhöhle. Sie wird in ihrem untern Punkte, welcher zugleich der vorderste ist, von dem hintern Ende des Brustbeines bestimmt. Ihre Seitenränder steigen von da aufwärts und rückwärts, so daß sie den obern Schlußpunkt an der Wirbelsäule an einem weiter nach hinten gelegenen Theile erreichen. Diese Ränder sind durch die zusammentretenden Knorpel der falschen Rippen und die hinterste falsche Rippe gebildet.

Fig. 198.



Zu dieser allgemeinen Vorstellung des Brustkorbes wäre dann freilich noch hinzuzufügen, daß derselbe in mehrfacher Weise untergeordnete Abweichungen von der reinen Kegelform darbietet, namentlich bald von den Seiten zusammengedrückt erscheint (und dieß ist der häufigere Fall), bald auch einen kürzern Durchmesser vom Brustbeine nach aufwärts besitzt. Letzteres findet sich unter anderen am menschlichen Brustkorbe, dessen Abbildung wir hier beifügen.

Diese Brustabtheilung der Wirbelsäule hat eine geringe innere Beweglichkeit. Die große Oberfläche, welche an dem Brustkorbe, dem Inbegriff von Rippen, Rippenknorpeln,

Brustbein und Brustwirbeln sich darstellt, dient der Bewegung namentlich, indem sich hier mächtige und manchfaltige Muskelmassen für die Bewegung der vorderen Extremitäten anheften, welche theils an dem Schulterblatte, theils am Oberarmbeine ihren andern, relativ beweglichen Anheftungspunkt haben. Berücksichtigt man das Lagenverhältniß des Schulterblattes und Schultergelenkes zu der Fläche des Brustkorbes, an welchem das Schultergelenk namentlich weit nach vorn liegt, so ist begreiflich, daß eine viel größere Masse von Muskelfasern in den Richtungen von hinten und unten zu jenen beweglichen Knochen gehen können, als in anderen Richtungen. Daraus geht dann das Resultat hervor, daß die Bewegungen der Schulter und des Oberarms nach hinten, hinten unten, unten und innen, an Kraft die übrigen Bewegungen weit übertreffen müssen.

An die Brustwirbel sind nach vorn die Halswirbel, bei Säugethieren fast ohne Ausnahme sieben an der Zahl, eingelenkt, welche gleichsam einen beweglichen Stiel des Kopfes bilden. Die Verbindungen derselben unter sich sind meist sehr beweglich und es ist den Bewegungen durch bedeutende Muskelmassen eine oft sehr große Kraft gewährt. Als Andeutung derselben am Skelette sind die verschieden geformten Fortsätze zü betrachten, mit welchen die Bogentheile dieser Wirbel, behufs der Anheftung von Muskeln versehen sind. Die Muskelmassen, welche auf die Bewegung des Kopfes hinzielen, gehen theils von einem Halswirbel zum andern, theils von Halswirbeln zum Kopfe, theils vom Brustkorbe (seinen Wirbeln, Rippen u. s. w.) zu Halswirbeln und Kopf, ja, es erstrecken sich sogar Muskelmassen über die ganze Länge des Rückens, welche einen ihrer Zwecke in der Bewegung des Kopfes finden. Begreiflicher Weise sind die Muskeln und die rauhen Vorsprünge und Verlängerungen der Knochen, an welche sie sich heften, sowohl in der Gesammtmasse, als auch in anderen Beziehungen verschieden. In besonders vielen Fällen kommt es darauf an, den Bewegungen des Kopfes nach aufwärts eine große Kraft zu geben. So, wenn der Kopf an sich sehr schwer ist, wenn er ein bedeutendes Gehörn trägt, wenn er als Stoßwaffe mit Hörnern oder Hauzähnen versehen ist, oder zum Tragen schwerer Beute zwischen den Kiefern oder zum Wühlen in der Erde dienen soll. In anderen Fällen ist auch für sehr kräftige Seitenbewegungen gesorgt, welche namentlich bei manchen Raubthieren für den Kampf und die Zerreißung der Beute wichtig ist. Es muß diesen Muskelentwicklungen dann auch immer die Ausbildung des Kopfskelettes entsprechen. Das Schwein z. B. muß beim Wühlen den Kopf mit Kraft aus einer mehr gesenkten Lage etwas heben (den Rüssel von hinten nach vorn bewegen), und es bedarf ebenfalls beim Hauen mit seinen Zähnen, welches von unten nach oben geschieht, einer bedeutenden Kraft in derselben Richtung. Indem es deßhalb einen mächtig fleischigen Nacken hat, muß auch der Kopf eine große Fläche nach hinten darbieten, für den Ansatz von Muskeln. Daher die Höhe der steilen Hinterfläche ihres Schädels. Das bloße Tragen des Kopfes ist aber außer den Muskeln noch durch elastische Bänder (Nackenband, ligam. nuchae) sehr unterstützt, welche zwischen dem Hinterkopfe und den Dornen der Halswirbel und ersten Brustwirbel ausgespannt sind. Sie erreichen eine bedeutende Stärke bei Thieren mit schwerem Kopfe (Geweihe!).

Fig. 199.



Schädel eines Schweins.

Fig. 200.

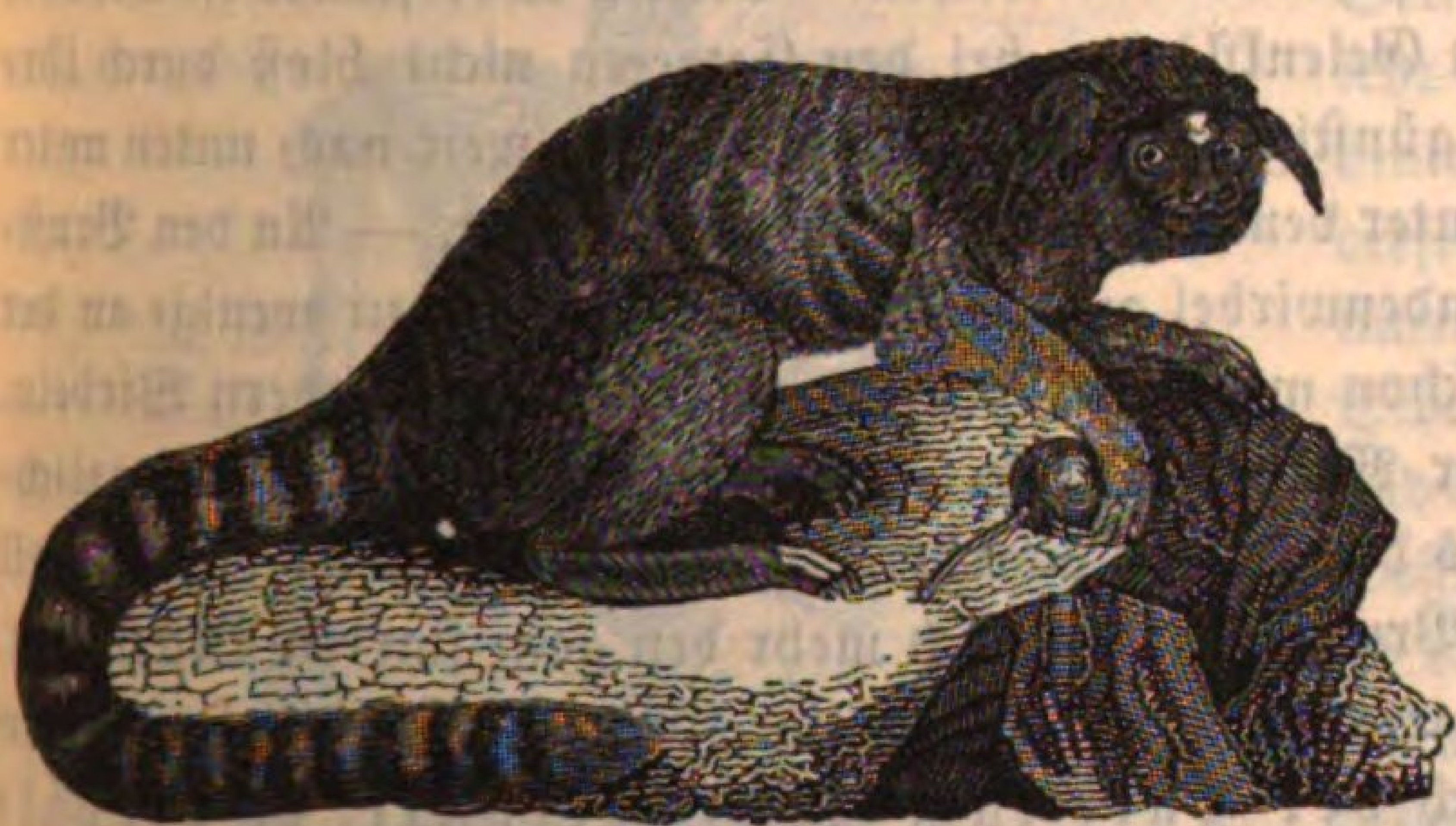


Kopf eines Elephanten.

Die Länge des Halses steht sehr gewöhnlich in einem solchen Verhältnisse zu der Länge der vorderen Extremitäten, daß die Schnauze des Thieres bequem den Boden erreicht. Eben so begreiflich wie diese Einrichtung ist es aber auch, daß sich manche Abweichungen daran finden. Das Erreichen des Bodens mit der Schnauze ist dem Elephanten sehr zweckmäßig

durch den Rüssel erspart. Sehr richtig hat man bemerklich gemacht, daß eine ungeheure Muskelmasse nöthig gewesen seyn würde, um einen solchen Schädel, mit solchen Zähnen an einem langen Halse zu bewegen. Auch der Kopf des Elennthieres ist durch das monströse Geweihe so belastet, daß ein langer Hals hier große Unbequemlichkeiten zur Folge haben würde. Diese Thiere können mit dem Maule den Boden nicht erreichen. Man sagt, daß sie ihre Nahrung an Felswänden, Bäumen, Sträuchern suchen. Auch wachsen in dem Vaterlande dieser Thiere manche Flechten und Gräser so hoch, daß sie wohl dadurch in den Bereich ihres Maules kommen mögen. Bei Thieren, welche ihre Nahrung auf Bäumen suchen, fällt das Motiv zu jener Proportion zwischen Hals und Vorderbeinen ebenfalls weg, daher es bei dem Faulthiere und den Affen fehlt.

Fig. 201.



Auch die handartige Bildung der Vorderfüße kann einen Ersatz dafür liefern, indem solche Glieder dem Maule die Nahrung entgegen führen. Ferner fehlt ein bestimmtes Verhältniß zwischen Länge des Halses und Vorderextremitäten aus natürlichen Gründen auch den Fledermäusen und den Walthieren. Thiere, welche nur im Wasser leben, bedürfen eigentlich gar keinen Hals, da sie auch ohne einen solchen beweglichen Theil den Kopf mit dem Rumpfe zusammen in jede beliebige Richtung bringen können. Ja es ist bei ihnen, wegen der Aehnlichkeit ihrer Ortsbewegung mit derjenigen der Fische, eine sehr geringe Biegsamkeit des Halses wünschenswerth. Daher fehlt denn, der Funktion nach, der Hals diesen Thieren auch wirklich: die Halswirbel, wenn auch der Siebenzahl nach ganz oder nahezu vollständig, sind in der Richtung der Längsaxe des Körpers so verkürzt und so unbeweglich unter einander verbunden, daß sie funktionell gar nicht in Betracht kommen.

Während wir bei einigen Thieren, von dem ungewöhnlich schweren Kopfe ausgehend, die Kürze des Halses nothwendig finden, wie bei dem Elephanten und Elennthiere, können wir in anderen Fällen umgekehrt sagen, daß durch die besondere Länge des Halses ein besonders leichter Kopf nöthig wird. Man hat wenigstens in Beziehung auf die Giraffe die besondere Leichtigkeit der Kopfknochen hervorgehoben. So auffallend übrigens gerade die Giraffe ein Beispiel zu seyn scheint, daß der Hals sich nach der Länge der Vorderbeine zu richten pflegt, so weidet dennoch dieses Thier nicht am Boden, sondern in der Höhe und vermag auch die Schnauze nur mit großen Schwierigkeiten an den Boden zu bringen. Die Entwicklung des Nackenbandes über den ganzen Rücken des Thieres scheint die Ursache davon zu seyn.

Ganz eigenthümlich ist am Halse die Einlenkung der beiden obersten Wirbel an einander. Der obere derselben, Atlas, hat statt des Körpers nur eine dünne Querleiste, und diese hat ihre Gelenkfläche für den zweiten Wirbel, den sog. Epistropheus, nicht nach hinten, sondern nach oben. Der Epistropheus besitzt nun nach vorn eine zahnartige Spitze (processus odontoideus), welche in den Atlas unterhalb des Rückenmarkes sich so hineinschiebt, daß sie auf jene Querleiste des Atlas zu liegen kommt. Sie ist gegen diese durch ein starkes Band angepreßt und bildet eine Axe, um welche der Atlas sich dreht. Aehnlich wie bei den Säugethieren, verhält sich diese Verbindung auch bei den Vögeln und den meisten Reptilien.

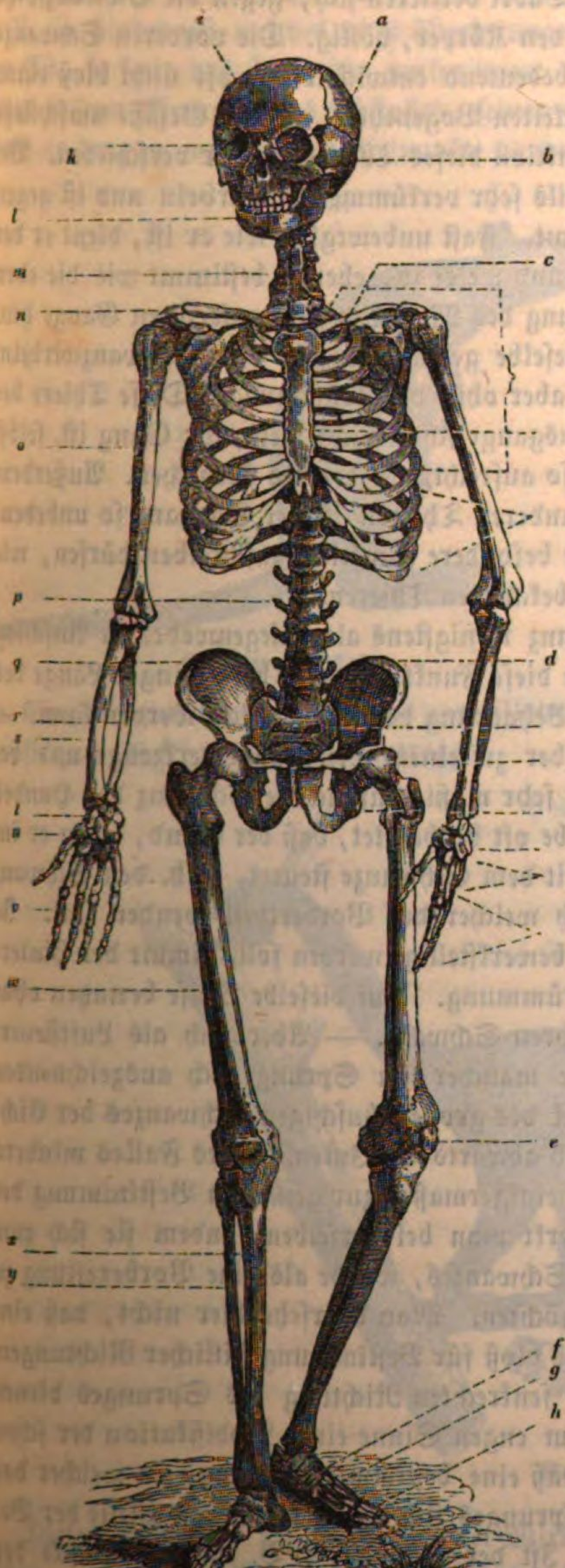
Den Säugethieren fast ausschließlich eigen ist aber die Art der Verbindung des obersten Wirbels mit dem Schädel. Sie geschieht nämlich durch zwei Gelenkflächen, welche am Atlas jederseits auf den Bogentheilen liegen und concav sind. Die entsprechenden Gelenkköpfe am

Hinterhaupte legen sich auf diese Flächen. Es versteht sich also, daß die Bewegung des Kopfes am Atlas nur um eine durch diese beiden Gelenkköpfe gehende Achse geschehen kann. Andere Bewegungen beruhen auf der Beweglichkeit der Wirbel unter sich. Merkwürdig ist nun, wie diese Einrichtung zwar auch bei den Walthieren sich findet, der Form nach aber so umgewandelt ist, daß sie in ihrer Wirkung ganz mit der durchaus verschiedenen Wirkungsweise des vordersten Wirbels der Fische mit dem Schädel übereinkommt. Da nämlich beim Schwimmen dieser Thiere die bewegende Kraft von hinten nach vorn wirkt, sich stoßend durch alle Wirbelkörper bis auf den Schädel fortpflanzen muß, so ist es wichtig, daß die Verbindung zwischen dem ersten Wirbel und Schädel auch in derselben Richtung liege, in welcher die Verbindungen der Wirbelkörper unter einander sich befinden, nämlich unter dem Rückenmarke. Läge sie höher, was sonst bei den Säugethieren der Fall ist, so würde bei jedem Stoße von hinten der Kopf etwas nach hinten ausweichen. Diesem Uebelstande ist dadurch abgeholfen, daß die beiden seitlichen Gelenkflächen bei den Cetaceen nicht bloß durch ihre Flachheit schon der Bewegung wenig günstig sind, sondern auch sich so weit nach unten unter das Rückenmark ausdehnen, daß sie unter demselben einander fast erreichen. — An den Brusttheil nach hinten schließen sich die Lendenwirbel an. Sie sind gewöhnlich nur wenige an der Zahl und die Dimensionen derselben schon merklich bedeutender, als an den vordern Wirbeln. Namentlich ist der Körpertheil dieser Wirbel mächtig entwickelt und somit die Beweglichkeit derselben natürlich geringer, als die der Halswirbel. Dagegen übertrifft dieser Theil der Wirbelsäule an Biegsamkeit den Brusttheil und noch mehr den ganz starren Beckentheil. Diese Eigenheiten der Lendenwirbel werden leicht verständlich durch eine Parallele zwischen denselben und dem Halse. Wie sich der Hals zum Kopfe verhält, so verhält sich wieder der Lendentheil zu dem ganzen vor ihm liegenden Körper. Bei der Ortsbewegung, namentlich der sprungartigen, bei Bewegungen des Oberkörpers im Sitzen, erscheint das Becken als feste Basis, gegen welche der vordere Theil des Körpers seine Lage verändern soll. Das Becken selbst ruht dabei im Falle des Sprunges auf den Hinterbeinen und ist nur relativ fest, im Falle des Sitzens auf den zusammengeknickten Hinterbeinen allein oder auf ihnen und den Sitzbeinen, oder auch (beim gewöhnlichen Sitze des Menschen) vorzugsweise auf letzteren. Da nun die Last, welche vermittelst der Lendenwirbel, als eines biegsamen Stieles, vom Boden aus dirigirt werden soll, eine viel größere ist, als die Last, welche durch den Hals regiert wird, so ist eine größere Dimension der Wirbel, größere Festigkeit und geringere Beweglichkeit nothwendig. Zugleich zeigen sich mächtige Fortsätze der Wirbel, für die Anheftung der Muskeln bestimmt. Bedeutende Schichten von Muskeln finden sich auf diesen Theil der Wirbelsäule gelagert, welche theils in kurzen Bündeln von einem Wirbel zum andern gehen, theils mehrere Wirbel oder selbst lange Strecken der Wirbelsäule überspannen und alle dazu dienen, den vordern Körpertheil im Verhältnisse zum Becken zu heben oder seitwärts zu beugen. Die Bewegung des Vorderkörpers nach abwärts geschieht hauptsächlich durch Muskeln, welche von dem Rande des Beckens aus nach vorn laufen und sich an die seitlichen, noch mehr aber an die tiefsten Theile des Brustkorbes anheften. Indem ihnen der Thorax gleichsam als Hebel dient, die Distanz ihrer Anheftung am Thorax von der Wirbelsäule als Länge des Hebelarms betrachtet werden darf, durch welchen sie auf die Wirbelsäule wirken, so können sie bei geringerer Kraft bedeutende Wirkungen hervorbringen.

Das Becken besteht aus einigen, fest unter einander verbundenen, Wirbeln und einem mächtigen Knochengürtel, welcher den hintersten Theil der Bauchhöhle umgibt. Dieser Ring besitzt oben eine breite Lücke, in welche die Beckenwirbel passen und fest eingefugt sind. Unten ist derselbe meist schmal und beide Seitenhälften in der untern Mittellinie des Körpers durch Knorpel verbunden. Der Beckengürtel geht von der Wirbelsäule nicht gerade nach abwärts, sondern meist stark rück- und abwärts. An seiner Seite ist eine bedeutende Ver-

tiefung, in welche der kugelförmige Gelenkkopf des Oberschenkelbeines paßt. Jede Seitenhälfte des Beckens (von den Wirbeln abgesehen) besteht ursprünglich aus drei Knochen, welche in dieser Gelenkhöhle zusammentreffen und beim Heranwachsen des Thieres mit einander verschmelzen: das Darmbein bildet den obern und vordern Theil, welcher jederseits an die Beckenwirbel gewachsen ist und von da rück- und abwärts zu der bezeichneten Gelenkhöhle reicht. Hier trifft es mit dem Sitzbeine und dem Schambeine zusammen. Das Schambein läuft von da nach innen, zur Vereinigung mit dem der andern Seite, welche an Stärke und Ausdehnung sehr verschieden ist; das Sitzbein geht nach hinten und bildet den Sitzbeinhöcker. Von diesem läuft aber ein anderer Ast wieder nach innen und vorn, zur Vereinigung mit dem Schambeine, so daß zwischen Sitzbeinen und Schambeinen eine ringsum geschlossene Oeffnung entsteht. — Dieser Knochengürtel dient als festes Bindeglied zwischen hinteren Extremitäten und Rumpf, als ausgedehnte Fläche zum Ansatze zahlreicher Muskeln, welche, das Becken selbst als festen Punkt betrachtet, die Extremitäten sowohl als auch den Vorderkörper zu regieren im Stande sind.

Fig. 202.



Das menschliche Skelet.

a Scheitelbein; b Schläfenbein; c Schlüsselbein; d Darmbein; e Kniescheibe; f Tarsus; g Metatarsus; h Phalangen; i Stirnbein; k Augenhöhle; l Unterkiefer; m Halswirbel; n Schulterblatt; o Humerus; p Lendenwirbel; q Darmbein; r Ulna; s Radius; t Carpus; u Metacarpus; v Phalangen; w Femur; x Tibia; y Fibula.

Bei dem Menschen (Fig. 202) macht die Bestimmung zum aufrechten Gange eine Abweichung von der gewöhnlichen Form nöthig. Der Theil des Beckens, welcher bei horizontaler Wirbelsäule der vorderste seyn würde, ist hier sehr erweitert, gleichsam trichterförmig. Das Becken wird dadurch zu einer Stütze der Unterleibseingeweide. Diese Form hat jedoch andererseits auch eine wichtige Beziehung zur Bewegung, indem dadurch bessere Insertionspunkte für die Muskeln der unteren Extremitäten gewonnen werden. Bei den Thieren, deren Hinterschenkel im Ganzen rechtwinklig gegen die Wirbelsäule stehen, finden sich gute Anheftungspunkte für die Oberschenkelmuskeln an einem Becken, dessen Hauptausdehnung der Wirbelsäule ziemlich parallel läuft. Wollte man aber ein solches Thier aufrichten, so daß die Schenkel nun in der Richtung der Wirbelsäule sich herabstreckten, so würde jene Form des Beckens sich als unzweckmäßig erweisen: das Becken muß auch in diesem Falle, so wie im menschlichen

Skelette, eine bedeutende horizontale Ausdehnung haben, damit die für den Oberschenkel bestimmten Muskeln gehörig an ihm angeordnet werden können.

An die Beckenwirbel schließen sich denn endlich die an der Zahl so höchst verschiedenen Schwanzwirbel an. Sie nehmen bald rascher, bald langsamer von vorne nach hinten (namentlich in den Querdimensionen) an Stärke ab. Dabei verlieren sich, gegen die Schwanzspitze hin, alle anderen Theile des Wirbels, bis auf den Körper, völlig. Die vorderen Schwanzwirbel dagegen besitzen, wenn der Schwanz bedeutend entwickelt ist, oft nicht bloß einen obern, sondern auch einen untern, stark entwickelten Bogentheil, welcher Gefäße umschließt und Muskeln zur Anheftung dient. — Die Funktion dieses Theiles ist sehr verschieden. Bei dem Menschen besteht er nur aus wenigen, theils sehr verkümmerten Wirbeln und ist gegen die untere Oeffnung des Beckens hineingekrümmt. Fast unbeweglich wie er ist, dient er der Bauchhöhle mit zum Verschlusse nach abwärts und weist so, ebenso bestimmt wie die eben erwähnte Form des Beckens, auf die Bestimmung des Menschen zum aufrechten Gange hin. Einige wenige höhere Affenformen besitzen dieselbe geringe Anzahl von Schwanzwirbeln, wie der Mensch, 4—5 (selbst noch weniger), aber ohne die Krümmung. Diese Thiere bedürfen einer solchen Stütze im untern Beckenausgange schon nicht mehr, ihr Gang ist, selbst wenn sie sich auf die Hinterfüße erheben, nicht so aufrecht, wie der des Menschen. Außerdem ist auch ihr Becken enger. Noch bei manchen anderen Thieren ist der Schwanz so unbedeutend ausgebildet, daß wir ihm schwerlich eine besondere Funktion zuschreiben dürfen, wie bei Hasen, Schweinen, Rothwild und anderen bekannten Thieren.

In manchen Fällen dürfen wir den Schwanz wenigstens als Fliegenwedel in Anschlag bringen, und das Pferd dient als Beispiel, wie diese Funktion, auch bei geringer Länge des Schwanzes am Skelette, durch eine reichliche Behaarung dennoch erreicht werden kann. — Bei sehr vielen Thieren wird der Schwanz aber zu einem Bewegungswerkzeuge und bei manchen zu einem sehr wichtigen. Selbst der sehr mäßig entwickelte Schwanz des Hundes hat schon sehr entschieden diesen Nutzen; ich habe oft beobachtet, daß der Hund, wenn er im Schwimmen seine Richtung verändern will, mit dem Schwanze steuert, d. h. den Schwanz nach derselben Seite stark hinüber biegt, nach welcher der Vordertheil wenden soll. Je nachdem die Wendung mehr oder weniger rasch bewerkstelligt werden soll, nimmt der Hinterkörper mehr oder weniger Antheil an dieser Krümmung. Auf dieselbe Weise benutzen ohne Zweifel alle viel schwimmenden Säugethiere ihren Schwanz. — Aber auch als Luftsteuerruder dienen die stark entwickelten Schwänze mancher im Sprunge sich auszeichnenden Säugethiere. Unverkennbar ist dieß der Zweck des großen buschigen Schwanzes der Eichhörnchen, welcher überdem beim Sprunge nach abwärts die Intensität des Falles mindern wird. Auch bei der Katze scheint der Schwanz einigermaßen zur genauern Bestimmung der Sprungrichtung zu dienen. Wenigstens bemerkt man bei derselben, indem sie sich zum Sprunge anschickt, zuckende Bewegungen des Schwanzes, welche als eine Vorbereitung zu einer bestimmten Thätigkeit gedeutet werden möchten. Man übersehe hier nicht, daß eine Steuerung beim Sprunge in der Luft keineswegs bloß für Bestimmung seitlicher Richtungen, sondern ebensowohl für die Bestimmung der senkrechten Richtung des Sprunges dienen kann. Auch fasse man Steuerung nicht in dem engen Sinne einer Modifikation der schon stattfindenden Bewegung, sondern überlege, daß eine bestimmte Richtung, in welcher das Steuer oder der Schwanz im Momente des Sprunges sich befindet, auf die Linie der Bewegung des Körpers einen Einfluß ausübt. Ist der Schwanz z. B. im Augenblicke des Sprunges aufwärts gerichtet, wird er während der Bewegung in dieser Lage erhalten, so beschreibt der Schwerpunkt des Körpers nothwendig eine andere und zwar eine höher gelegene Linie, als er ohne das Mitwirken des so gerichteten Steuers gethan haben würde. *)

---

*) Ich werde die Bemerkungen über die Wirkung des Steuers auf die Bewegung nicht wiederholen bei Gelegenheit der Vögel; die Wirkungen sind aber dort nothwendig dieselben. Linkswendung

Es ist wohl denkbar, daß bei einem verhältnißmäßig so buschigen großen Schwanze, wie der des Eichhörnchens ist, durch eine seitliche Steuerung eine ganz merkliche Abweichung der Sprunglinie (wenn man sie auf eine Horizontalebene projicirt) von der geraden Richtung entstehen kann. So kann das Thier um ein Hinderniß herumspringen. Liegt zwischen dem Punkte a, von welchem das Thier abspringt, und dem Punkte c, welchen es erreichen will, ein Hinderniß, welches nicht übersprungen werden kann, wir wollen sagen ein senkrechter Ast, so kann das Thier ihn umspringen. Wenn es z. B. den Schwanz stark nach rechts biegt in dem Momente des Abstoßes, seinen Stoß aber in einer Richtung ausübt, welche links an dem zu erreichenden Zielpunkte vorbeiführt, so beschreibt es im Fluge einen Bogen, dessen Convexität links gerichtet ist. Haben also die verschiedenen Elemente das richtige Verhältniß zu einander, so kann diese Bogenlinie das Thier zu dem Punkte c führen.

Fig. 203.



Känguruh-Skelet.

Als Stütze des Körpers, vielleicht auch selbst zum Fortschnellen, scheint der äußerst kräftige Schwanz der Känguruh's (Fig. 203) zu dienen und eine noch wichtigere Bewegungs-Funktion kommt den langen Greifschwänzen verschiedener Affen (Fig. 204) der neuen Welt, so wie mancher Beutelthiere u. s. w. zu. Eine Känguruhform, Bettongia penicillata Gray, umfaßt mit ihrem Schwanze Grasbüschel, um sie zum Nestbau zusammenzutragen.

Fig. 204.



Saju.

Dieser Uebersicht der Regionen der Wirbelsäule der Säugethiere fügen wir nur noch hinzu, daß bei den Cetaceen, mit gänzlicher Veränderung der Bewegungsbedingungen auch

des Schwanzes bewirkt eine Abweichung der Bewegung nach links, Aufrichten eine Abweichung nach oben u. s. w. Ich bemerke dieß nur deßhalb ausdrücklich, weil die Wirkung der Steuerung in physiologischen Schriften oft falsch dargestellt ist. So meint auch R. Owen (Todd's Cyclop. Art. Aves. p. 298), Aufrichten des Schwanzes bewirke Senken des Körpers u. s. w. Ebenso irrig ist seine Behauptung, daß Wendungen im Fluge durch Vermehrung der Flügelschläge einer Seite bewirkt würden.

eine bedeutende Abänderung des Skelettes auftritt. Daß die Halsregion funktionell so gut wie nicht vorhanden bei ihnen ist, wurde schon erwähnt. Die Brustgegend ist am wenigsten verändert. Doch ist bei den zahnlosen Cetaceen nur das erste Rippenpaar mit dem sehr kurzen Brustbeine in näherer Verbindung, das zweite durch ein Band daran geknüpft, die übrigen nach unten ganz frei. Von der Brust an fällt aber eine bestimmte Gliederung der Wirbelsäule von solcher Bedeutsamkeit, wie die Säugethiere sie sonst besitzen, weg. Diese Thiere haben kein Becken. Meist nur ein einfacher Knochen jederseits, ohne Zusammenhang mit der Wirbelsäule, an der Stelle des Beckens im Fleische steckend, wird als Rudiment desselben aufgefunden. Von dem Nutzen dieser Beckenandeutung wissen wir nur, daß sich Theile des Geschlechtsapparates damit verbinden (Corpora cavernosa). Mit der Anheftung des Beckens an die Wirbel fällt aber auch die scharfe Scheidung zwischen Lenden- und Schwanzgegend fort, so daß hier von der Brustgegend an bis zur Schwanzspitze eine ziemlich allmälige Abnahme der Wirbel in Bezug auf Ausdehnung und Zusammensetzung sich findet. Die wichtigste Ausnahme von dieser Allmäligkeit bilden die unteren Bogen einer Reihe von Schwanzwirbeln. Das Schwanzende dieser Thiere ist mit einer horizontalen, flossenartigen Ausbreitung versehen (Fig. 205). Man möchte daraus schließen, daß der Schwanz vorzugsweise durch vertikale Schläge beim Schwimmen wirke. Indessen hat man neuerlich bemerklich gemacht, daß der Schwanz der Walthiere von einer Seite zur andern weit beweglicher sey, als von oben nach unten. Nach einer von Lesson (Voyage de la Coquille) an Delphinen angestellten Beobachtung scheint es, daß diese Thiere beim Schwimmen eine gleichsam rollende Bewegung von einer Seite auf die andere abwechselnd machen, wodurch dann vielleicht die Fläche der Schwanzflosse zur Wirkung kommt. Die so häufig springenden Bewegungen der Delphine werden aber durch die horizontale Flosse ohne Weiteres begreiflich.

Fig. 205.

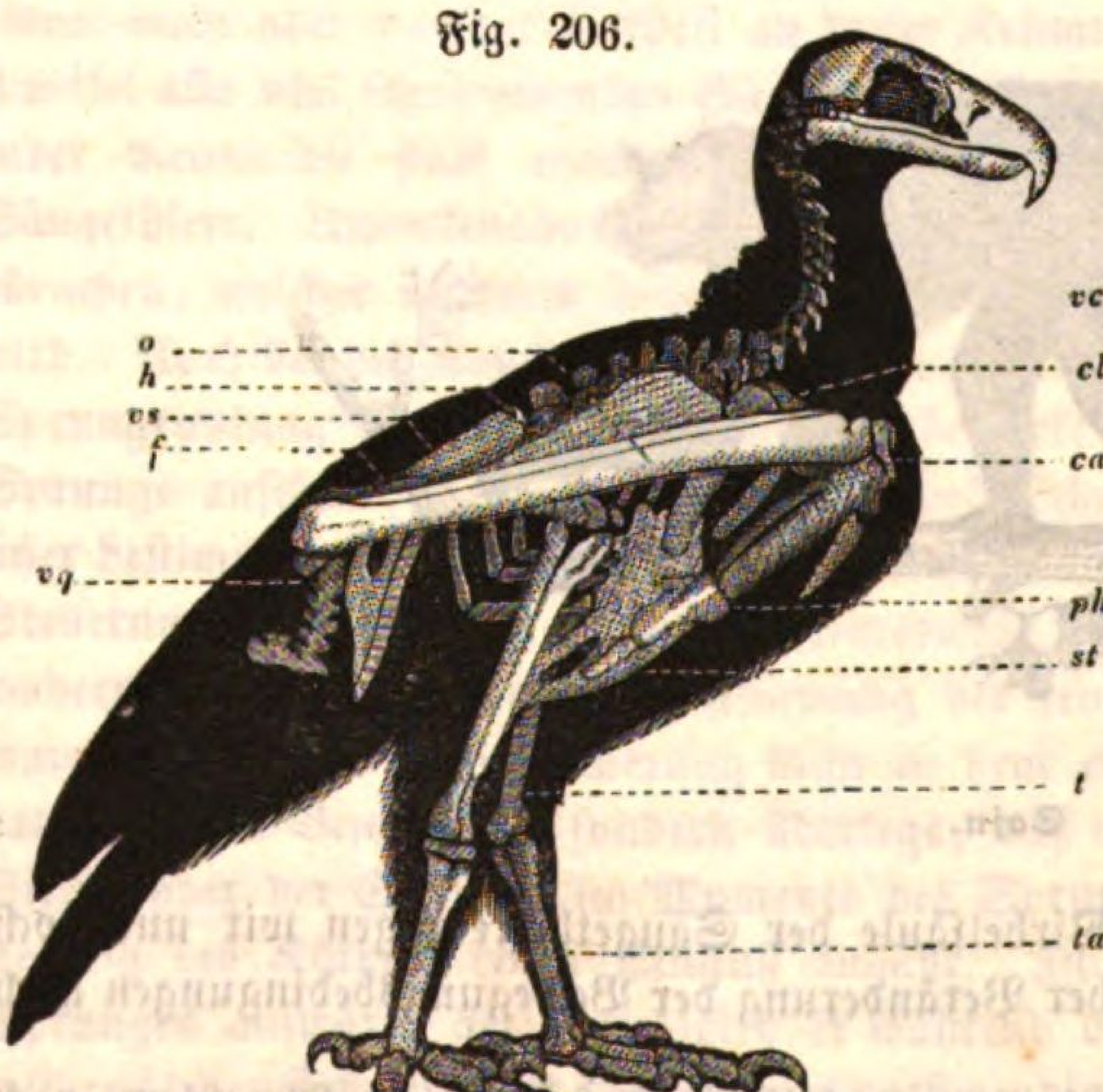


Schwanzflosse eines Walfisches.

Weit entfernt von dem Bau der Säugethiere zeigt sich die Wirbelsäule der Vögel. In Bezug zur Bewegungsfunktion haben wir hier drei Hauptabtheilungen zu unterscheiden: Hals und Schwanz nach denselben Merkmalen wie früher, statt Brust-, Lenden- und Beckengegend brauchen wir aber eigentlich nur eine Rumpfregion anzunehmen; jedenfalls ist die Gliederung dieses Theiles in Brust und Becken eine mehr untergeordnete, und von einer Lendenabtheilung kann überall nicht die Rede seyn.

Der Hals der Vögel ist durchschnittlich (Fig. 206) viel länger, als bei den Säugethieren, so wie von größerer und bedeutend wechselnder Zahl der Wirbel. Eine Norm für das Verhältniß der

Fig. 206.



Geierskelet.

vc Halswirbel; cl Schlüsselbein; ca Handwurzel; ph Fingerglieder; st Brustbein; t Unterschenkel; ta Mittelfuß, Lauf; o Vorderarm; h Oberarm; vs Beckenwirbel; f Becken; vq Schwanzwirbel.

Länge desselben zu anderen Körpertheilen ist hier, wie man richtig bemerkt hat, von den hinteren Extemitäten herzunehmen. Daß in der That in sehr vielen Fällen der Hals um so länger ist, je länger die Beine, das brauchen wir wohl kaum durch Berufung auf Störche, Reiher, Strauße u. s. w. zu belegen. Niemand wird einen langbeinigen Vogel mit kurzem Halse gesehen haben. Wohl findet sich das umgekehrte Verhältniß, z. B. auffallend beim Schwane, welcher auch die höchsten Zahlen der Halswirbel, 23—24 darbietet. Der Nutzen, welchen eine solche Langhalsigkeit einem nicht tauchenden Schwimmvogel, wie es der Schwan ist, bieten kann, ist begreiflich genug. Wenn derselbe unter dem Wasserspiegel etwas aufsucht, so kann dabei die Länge seiner Füße nicht mehr das Maaß der zweckmäßigsten Länge des Halses abgeben. — Ungeachtet der Hals, welchen wir als beweglichen Stiel des Kopfes bezeichnet haben, nur bei den Vögeln sehr lang ist, so daß die Bewegungen des Kopfes eine verhältnißmäßig bedeutende Kraft namentlich am untern Ende des Halses voraussetzen, so ist doch die Leichtigkeit des Vogelkopfes so groß, die Kraftanstrengungen, welche demselben zugemuthet werden, im Ganzen so gering, daß der Hals dennoch keineswegs einen bedeutenden Muskelapparat aufweist. Namentlich ist es auffallend, wie schwach die Dornfortsätze selbst am untern und obern Ende des Halses sind, obgleich sie eben hier noch die bedeutendste Ausbildung besitzen. Von den mittleren Halswirbeln kann man kaum noch sagen, daß sie Dornfortsätze besäßen: einfache Bögen decken hier das Rückenmark und lassen zwischen sich Lücken, über welche das Nackenband sich ausspannt, welches bei langhalsigen Vögeln eine bedeutende Stärke erreicht. Indem aber dieses Band der Reihe der Wirbelkörper nahe liegt und nicht wie bei den Säugethieren um die Länge der Dornfortsätze von derselben entfernt wird, schränkt es auch die Beweglichkeit der Wirbel weniger ein. Dazu kommt noch, daß seine einzelnen Portionen, von Wirbel zu Wirbel, ziemlich lang sind, also um ein Bedeutenderes dehnbar. — Für den Bewegungsmechanismus des Halses ist es sehr wichtig, daß derselbe stets Sförmig gebogen ist, der untere Theil nach vorn convex, der obere nach vorn concav. Ich will namentlich bemerklich machen, welche Wirkung dadurch der lange vordere Muskel des Halses bekommt. Dieser bedeutende Muskel hat seine hintersten Ansatzpunkte unter den Brustwirbeln, woselbst sich bedeutende Knochenvorsprünge für seine Anheftung befinden. Von da erstreckt er sich hinauf am Halse und wirkt auf alle Wirbel desselben. Bedenkt man nun, daß die bedeutenderen Kraftwirkungen des Kopfes in einem Stoßen, Schnellen des Kopfes und ruckweisem Zurückziehen desselben bestehen, so scheint dieser bedeutende Muskel sowohl bei der einen, als bej der andern dieser Bewegungen, niederziehend und durch Krümmen des Halses auch zurückziehend, wirksam seyn zu können. Daraus erklärt sich, weßhalb gerade dieser Muskel oft so sehr stark ist. Allgemein scheint das aber nicht zu seyn. Auch ist wohl begreiflich, wie mit jener Form des Halses sich die manchfaltigsten Bewegungsarten werden verwirklichen lassen, je nachdem die Muskelmasse hier oder dort stärker entwickelt ist.

Uebereinstimmend mit den Säugethieren greift auch bei den Vögeln der zweite Halswirbel mit einem Zahnfortsatze in den obersten hinein. Diese Uebereinstimmung theilen die Vögel mit den beschuppten Reptilien. Ebenso aber auch eine Abweichung von den Einrichtungen des Säugethierskelettes, welche darin besteht, daß Atlas und Hinterhaupt nicht durch zwei seitliche, sondern durch ein mittleres (unter dem Rückenmarke gelegenes) Gelenk mit einander verbunden sind. Wie bei den Säugethieren bildet aber auch hier das Hinterhaupt den converen Theil des Gelenkes. Die Folge dieser einfachen Gelenkverbindung ist die Möglichkeit einer Drehung in derselben, während sie bei den Säugethieren ein bloßes Nicken zuläßt. Bei ihnen geschieht ja die Drehung zwischen dem ersten und zweiten Halswirbel mehr oder minder vollkommen. Dafür ist denn wieder diese letztere Einrichtung bei Vögeln und beschuppten Reptilien im Ganzen weniger ausgebildet, als bei den Säugethieren. Ja es ist mir bei Betrachtung mancher Skelette größerer Vögel sehr unwahrscheinlich geworden, daß in dem Gelenke des ersten und zweiten Halswirbels eine Drehung um den Zahnfortsatz möglich seyn sollte.

Der Uebergang zwischen Hals- und Brustgegend erscheint bei den Vögeln in sofern weniger schroff, als hier regelmäßig an den untersten Halswirbeln schon deutliche Rippen auftreten, welche nur nicht zum Brustkasten gerechnet werden können, weil sie nicht mit dem Brustbeine in Verbindung stehen. — Die nun folgende Reihe von Wirbeln, welche wir Rumpfwirbel nennen, ist bei den Vögeln in der Regel ohne alle Beweglichkeit, die Wirbel selbst in der Brustgegend häufig durch eigentliche Verwachsung, welche namentlich zwischen ihren Fortsätzen eintritt, völlig erstarrt. An das hintere Ende des rippentragenden Theiles der Säule schließt sich sogleich das Becken an. Ja es sind wohl schon die letzten Brustwirbel beiderseits von den Darmbeinen eingefaßt. Demgemäß haben diese Wirbel auch keine weiteren Muskeln, als solche, die zur Bewegung anderer Theile, Hals, Schwanz, Rippen, Extremitäten dienen. (Ueber den physiologischen Werth dieser Einrichtung und einige Ausnahmen s. weiterhin, bei Gelegenheit des Beckens). — Die Rippen stehen mit dem Brustbeine nicht durch Knorpel, sondern durch Zwischenknochen in Verbindung. Jeder dieser Knochen (Sternalrippen) bildet mit seiner Rippe einen nach hinten vorspringenden Winkel, sein Brustbeinende ist mehr ein vorderes als unteres zu nennen. Es ist an dem Brustbeine eingelenkt, wie das andere Ende mit dem Ende der Rippe beweglich verbunden ist. Eine Oeffnung des Winkels zwischen beiden Stücken der Rippe entfernt natürlich das Brustbein von der Wirbelsäule, erweitert den Raum der Brusthöhle: Inspirationsbewegung. — Die Rippen besitzen zum Theil an ihrem hintern Rande kleine platte Fortsätze, welche sich an die nächstfolgende Rippe von Außen anlegen. Eine Einrichtung, welche andeutungsweise auch bei einigen Reptilien (Krokodil) wiederkehrt.

Das Brustbein ist stets breit und mit einer stark hervorragenden Knochenwand, einem Kiele, versehen, welcher von der untern Mittellinie der Brustbeinfläche entspringt (Fig. 207). Diese Kante oder Leiste fehlt nur bei Vögeln mit verkümmertem Flugapparate, wie den Straußen, während sie unter den Säugethieren andeutungsweise auftritt, wo zum Fliegen, wie bei den Fledermäusen, oder zu anderen anstrengenden Thätigkeiten, wie beim Maulwurf, ein bedeutender Platz für die Anheftung der Brustmuskeln nöthig ist.

Fig. 207.



o Schulterblatt; f Schlüsselbein; b Kiel des Brustbeins; c 2tes Schlüsselbein (os coracoideum); co Rippenansätze; s Fläche des Brustbeins; e Ausschnitte am hintern Rande desselben.

Die Brustgegend der Vögel ist ein ausgedehnter und fester Theil für die Befestigung von Muskeln, und namentlich solcher, welche das Niederschlagen der Flügel bewirken. Das Gelenk, welches Oberarm und Schulterblatt verbindet, ist jederseits durch eine doppelte Knochenstütze gegen das Sternum befestigt, so daß die mächtigen Muskeln, welche das Oberarmbein abwärts schlagen, dabei nicht die Axe selbst, um welche diese Bewegung geschehen soll, aus der Stelle rücken können. Die eine dieser Knochenstützen ist durch das sogenannte Schlüsselbein dargestellt, welches sich in entsprechender Lage auch bei dem Menschen und solchen Säugethieren findet, deren Vorderextremitäten sich einer manchfaltigern Beweglichkeit erfreuen. Ein Unterschied liegt darin, daß jedes Säugethierschlüsselbein für sich von seiner Seite sich an den obern Theil des Brustbeins (manubrium sterni) stützt, während bei den Vögeln beide Schlüsselbeine sich vor dem Brustbeine begegnen und mit einander zu einem Vförmigen Knochen (furcula) verschmelzen.

Die andere Stütze wird von einem Knochen gebildet, welcher bei Säugethieren klein zu seyn und mit dem Schulterblatte zu verschmelzen, vom Brustbeine aber sehr entfernt zu bleiben pflegt. Am Skelette des Straußes (Fig. 208) ist sowohl diese Einrichtung, als das Brustbein nebst den Flügelknochen verkümmert.

Fig. 208.



Strauß.

Das Becken der Vögel, im Ganzen nach demselben Plane gebildet, wie das der Säugethiere, bietet dabei doch u. a. die Abweichung dar, daß seine beiden Seitenhälften in der untern Mittellinie nicht mit einander verbunden sind. Nur der zweizehige oder afrikanische Strauß macht davon eine Ausnahme, während bei den Säugethieren fast stets eine Verbindung in der Schamgegend, und oft eine sehr feste sich findet. Dabei sind die auseinander stehenden unteren Enden der beiden Beckenhälften der Vögel dünn und schwach. Diese Abweichung in der Bildung des Beckens steht auf das Tiefste mit anderen Organisationsverschiedenheiten der Vögel und Säugethiere in Verbindung, wir können Gründe aufzählen, wegen welcher die Vögel im Allgemeinen ein nach unten hin festeres Becken nicht nöthig haben, während ein solches bei den Säugethieren Bedürfniß ist; und auf der andern Seite läßt sich wieder zeigen, weßhalb den Vögeln ein offenstehendes in seinem untern Theile biegsames Becken besonders nöthig ist. — Ein Grund, weßhalb die Vögel ein nach unten hin stärker gebautes Becken nicht nöthig haben, möchte nun wohl schon in der Leichtigkeit des Körpers, dem mindern Gebrauche der Beine zur Ortsbewegung und, in sofern diese Gründe nicht ganz ausreichen mögen, in der Gelegenheit für eine desto stärkere Befestigung des Beckens an der Wirbelsäule liegen. In Betreff der Ortsbewegung haben wir zu überlegen, daß allerdings einerseits die Vögel sehr leicht von Körper sind und auch darum keiner starken Gangwerkzeuge bedürfen, weil dieselben bei den meisten nur für geringere Bewegungen gebraucht werden; andererseits aber ist es denn freilich immer nur ein Extremitätenpaar, welches den Körper trägt, während bei den Säugethieren, deren zwei thätig zu seyn pflegen. Aber bemerkenswerth ist es, daß gerade der colossalste der fluglosen Vögel, der Strauß, in seinem Becken die Ausnahme macht, daß es unten geschlossen ist. — Wie dem aber auch sey, es ist immer auch der andere erwähnte Umstand wichtig, daß bei den Vögeln das Becken sich an einen so großen Theil der Wirbelsäule anlegen kann. Bei den Säugethieren hatten wir einen beweglichen Lendentheil der Wirbelsäule nöthig, bei den Vögeln würde ein solcher, wie wir sogleich sehen werden, schädlich seyn. Bei den Säugethieren läßt sich also die Befestigung des Beckens an der Wirbelsäule nicht vergrößern, wenn man nicht bloß zu diesem Zwecke noch etwa einige Wirbel in das Skelett einschieben wollte; bei den Vögeln dagegen legt sich, wie wir wissen, das Becken über die hinteren Rippen und Brustwirbel, und umgibt außerdem einen Theil der Wirbelsäule oft so, daß es denselben von hinten verdeckt, über ihm von beiden Seiten, ebenso wie mit ihm, verwachsen ist. — Hier also hat das Becken der Vögel eine hinreichende Befestigung auf Kosten der Beweglichkeit des Lendentheiles. Weßhalb aber diese Beweglichkeit aufgegeben worden ist, das hat man schon ganz richtig aus der Bewegungsweise der Vögel verstanden. Bei den Säugethieren geschieht die Ortsbewegung in stetem Wechsel der hinteren und vorderen Extremitäten, ihr Rumpf muß zwischen beiden biegsam seyn, da sonst alle Bewegungen eine viel größere Härte und Ungeschicktheit erhalten würden, ein Galopp wohl gar nicht möglich wäre. Bei den Vögeln aber, welche entweder nur mit dem Flügel oder nur auf den Beinen zur Zeit sich bewegen, würde es ein Nachtheil für das Fliegen seyn, wenn das Becken, ein Nachtheil für das Laufen, wenn der Vordertheil

des Rumpfes schlotterte. Weniger fest ist jedoch die Wirbelsäule des Rumpfes, theils bei nur laufenden Vögeln, wie den Straußen, theils bei schwimmenden, besonders aber, wo das Flugvermögen fehlt, wie bei dem Pinguin. In beiden Fällen wirken bekanntlich alle vier Extremitäten gleichzeitig, die vorderen des Straußes schlagen die Luft, die des Pinguins (wie mehrerer anderen Taucher) das Wasser. Die physiologische Ursache der Beweglichkeit der Rumpfwirbel kann hier nicht ganz dieselbe seyn wie bei den Säugethieren, es ist aber wahrscheinlich, daß diese Beweglichkeit bei der Lenkung des Laufes und raschen Schwimmens dieser Thiere wichtig ist. So hat man auch das eigenthümliche Vorkommen eines einzigen, zwischen Brust und Becken beweglich eingefügten Wirbels bei dem Sperber mit Recht auf die besondere Geschwindigkeit der Wendungen dieses Thieres im Fluge bezogen. Uebrigens ist in diesem Falle doch nur eine seitliche Bewegung vorhanden, und nur diese ist zu dem genannten Zwecke erforderlich. — Wenn nun schon aus dem Vorigen sich ergab, daß der untere Theil des Säugethierbeckens stärker seyn, die beiden Beckenhälften sich an einander stützen müssen, weil ihre Befestigung an der Wirbelsäule sich nicht vergrößern ließ, so läßt sich auch noch aus anderen Gründen die Nothwendigkeit der Stärke dieses untern Theiles ableiten. Und diese hängen abermals mit der Beweglichkeit ihrer Lendenwirbelsäule zusammen.

Bei der Einschiebung eines solchen beweglichen Theiles zwischen Brust und Becken, so wie bei der mindern Ausbildung des Brustskelettes (namentlich Brustbeines) der Säugethiere, entsteht zwischen Becken und Brust ein Raum am Rumpfe, welcher Eingeweide enthält, und diese wollen getragen seyn. Die festen Wandungen aber, welche zur Stütze dieser Eingeweide nöthig sind, müssen zugleich muskulös seyn. Die Muskeln, welche vom Becken zum Brustkorbe laufen, wirken mittelst des letztern auch auf die Wirbelsäule, sie sind sehr wichtig für die Bewegungen des Lendentheils der Wirbelsäule. Besonders sind die geraden Bauchmuskeln wichtige Flexoren der Lendengegend, und eben diese geraden Bauchmuskeln befestigen sich, vom Brustkorbe an zu beiden Seiten der Mittellinie des Bauches rückwärts verlaufend, bei den Säugethieren neben der Schambeinverbindung. Auch daher muß also diese Gegend des Beckens bei ihnen solide seyn. Den Vögeln fehlt aber nicht nur die Schambeinverbindung, sondern es sind die unteren Enden des Beckens auch sehr schwach: die Vögel bedürfen auch dieser Muskeln nicht, oder dieselben können sehr schwach seyn. Dafür sind aber nicht nur die Gründe, daß es keinen Lendentheil mehr zu beugen gibt, und daß das lange und breite Brustbein in höherem Maaße zum Tragen der Baucheingeweide mit beiträgt, sondern schließlich ist auch noch der Respirationsmechanismus, der bei den Säugethieren wesentlich auf den Bauchmuskeln beruht, bei den Vögeln ein ganz anderer, durch Bewegung des großen Brustbeines vermittelter. — Wenn nun nach dieser Deduktion das Becken der Vögel schwach seyn darf an einer Stelle, wo das der Säugethiere fest seyn muß, so werden wir auf der andern Seite, bei Betrachtung des Geburtsaktes der Säugethiere noch darauf hinweisen, wie sehr es den Vögeln bei ihrem Eierlegen zu Gute kommt, daß sie ein im untern Theile offenes, nachgiebiges Becken besitzen.

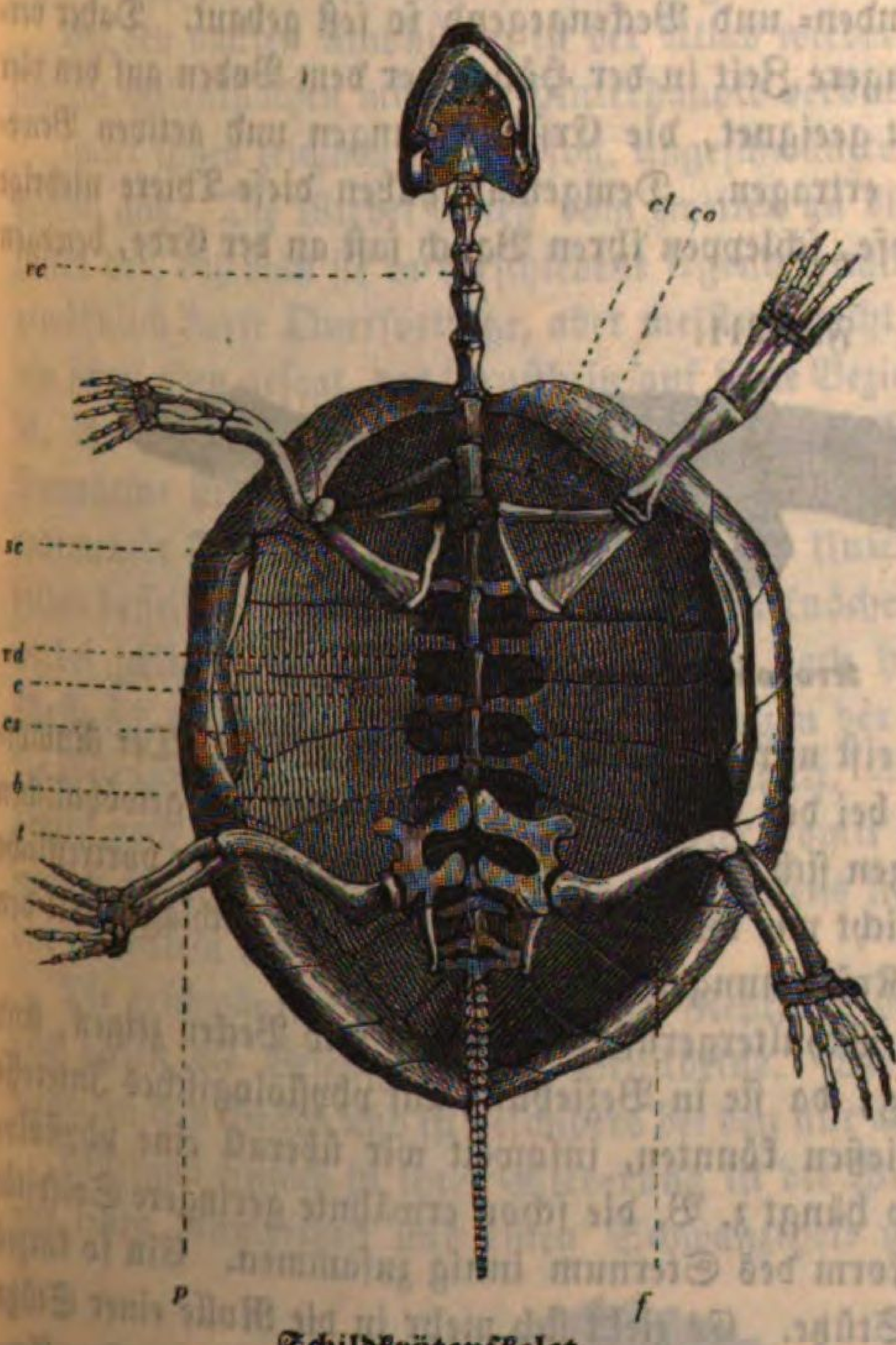
Der Schwanz ist am Skelette der Vögel nie sehr lang, aber auch nicht verkümmert. Er besteht aus einer Reihe von Wirbeln, welche nicht, wie bei den Säugethieren, sich allmälig von vorn nach hinten verjüngen, gleichsam mehr und mehr abortiv werden, sondern schließt mit einem starken Wirbel ab, welcher eigenthümlich zu einer senkrechten in der Mittelebene des Körpers entwickelten Platte ausgebildet ist. Einen ähnlichen Abschluß der Wirbelsäule werden wir bei den Fischen finden und in beiden Fällen hat das denselben Sinn, daß von diesem Punkte bedeutende Kraftäußerungen ausgehen sollen. Wie bei den Fischen die Schwanzflossenstrahlen, so sind hier die Schwanzsteuerfedern mit dem Ende der Wirbelsäule verbunden. Sie können durch Muskeln nicht bloß ihre Stellung gegen den Rumpf, sondern auch ihre gegenseitige Lage verändern und es ist die hiedurch bewirkte Steuerung (in dem vorhin erklärten weitern Sinne genommen) ein sehr wesentliches Element des Fluges der Vögel.

Wo die Schwanzwirbel eine besonders bedeutende Federlast zu tragen haben (Pfau!) oder auch eigenthümliche Kraftanstrengungen anderer Art gefordert werden, wie z. B. bei den Spechten, welche sich im Klettern auf den Schwanz stützen, da sind Knochen und Muskeln besonders entwickelt, und es zeichnet sich u. a. der Schwanz der Spechte durch eine Entwicklung einer Knochenplatte am letzten Wirbel aus, welche ihre Ausdehnung nicht in der Mittelebene des Körpers hat, sondern quer gegen dieselbe und gegen die Axe der Wirbelsäule steht.

Während die Klasse der Vögel eine große Einförmigkeit neben hoher Vollendung des Bewegungsapparates besitzt, lassen sich die Gliederungen der Wirbelsäule bei den **Reptilien** gar nicht in einem Bilde zusammenfassen: die Schildkröten, die Schlangen, die Saurier und Crocodile und selbst noch unter den nackten Amphibien verschiedene Abtheilungen verlangen eine gesonderte Besprechung.

Die Schildkröten, so wenig ihre Bewegung auch an die Vögel erinnert, schließen sich ihnen doch in der Gliederungsweise ihrer Wirbelsäule zunächst an. Denn auch hier gibt es einen in sich starren Rumpftheil der Wirbelsäule zwischen einem sehr beweglichen Halse und

Fig. 209.



Schildkrötenskelet.

(Zu Fig. 209.)

vc Halswirbel.
sc Schulterblatt;
co Os coracoideum.
cl Schlüsselbein.
rd Rumpfwirbel.
c Tafelförmige Rippe.
cs Randknochen.
b Becken.
t, *p* Unterschenkel-Knochen.
f Oberschenkel.

Fig. 210.


Landschildkröte.

beweglichen Schwanze. Indem aber hier mit der starren Masse sich das Schreiten auf vier Beinen verbindet, steht die Vollkommenheit der Bewegung nothwendig nicht bloß gegen die der Vögel, sondern auch gegen die der Säugethiere zurück; eine Art der Bewegung, wie der Galopp der Säugethiere, bei welchem der Körper abwechselnd auf dem hintern und vordern Beinpaare ruht, setzt einen Wechsel von Streckung und Beugung der Lendengegend voraus: diese Bewegung ist bei den Schildkröten unmöglich. — An den Rumpftheil der Wirbelsäule schließen sich Rippen oder Querfortsätze, meist von gewaltiger Breite an. Sie bilden mit einander, indem sie sich bis zum Verschwinden der Intercostalräume ausdehnen, ein knöchernes Dach. Ihre Enden stehen weit aus einander, so daß der untere Schluß der

Rumpfhöhle ganz durch andere Knochen gebildet werden muß, welche sich an den Rand dieses dachförmigen Rippengerüstes anschließen. Die wichtigste Rolle unter diesen accessorischen Knochen spielt eine breite Platte, aus mehreren Knochen zusammengesetzt, welche an den Seiten mit dem Rande des Rückenschildes verbunden ist. Man hat sie als ein sehr in die Breite gebildetes Brustbein aufgefaßt. Sie scheint jedoch nicht in genetischem Zusammenhange mit dem innern Skelette sich zu bilden, sondern dem Hautknochensysteme anzugehören, welches auch einen Theil, namentlich den Rand des Rückenschildes bildet. — Durch das Auswachsen der Rippen in die Breite tritt bei den Schildkröten die merkwürdige Eigenheit auf, daß die Schulterblätter und Beckenknochen von diesen Platten überwölbt werden und dadurch sich im Innern des Skelettes verbergen.

Bedeutendere Entwicklung und funktionelle Bedeutung des Schwanzes (als Steuer u. s. w.) findet sich bei den Wasserschildkröten.

Den Säugethieren in mancher Hinsicht näher steht die Skelettbildung der Krokodile und Eidechsen. Wir können bei ihnen wieder die fünf Abtheilungen der Wirbelsäule mit Bestimmtheit unterscheiden. Doch sind dieselben durchaus nicht so schön ausgebildet, durchaus nicht der Leistungen fähig, wie die entsprechenden Theile der Säugethiere. Weder ist der Hals so beweglich, noch sind Brust, Lenden- und Beckengegend so fest gebaut. Daher verträgt es diese Wirbelsäule nicht, für längere Zeit in der Höhe über dem Boden auf den vier Beinen getragen zu werden; sie ist nicht geeignet, die Erschütterungen und activen Bewegungen eines galoppartigen Laufes zu ertragen. Demgemäß haben diese Thiere niedrige Extremitäten im Verhältniß zum Rumpfe, schleppen ihren Bauch fast an der Erde, bewegen

Fig. 211.



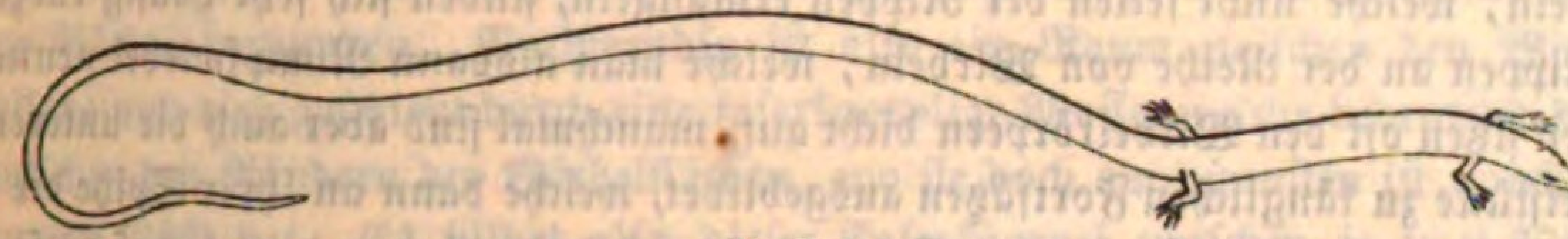
Krokodil.

sich in bedeutenden Geschwindigkeiten meist nur für kurze Augenblicke u. s. w. Der Rumpftheil ist weit mehr seitlich biegsam, als bei den Säugethieren, was schon im gewöhnlichen Laufe durch stete schlängelnde Bewegungen sich zeigt. Eben daher sind sie aber vortreffliche Schwimmer; sie schwimmen nämlich nicht wie die Landsäugethiere durch Schlagen mit den Füßen, sondern wie die Cetaceen durch Krümmungen der Wirbelsäule.

Die Modificationen, welche sich im Schultergerüste, Brustbein und Becken zeigen, sind manchfaltig. Wir gehen über sie hinweg, da sie in Beziehung auf physiologisches Interesse sich doch nur dem schon Gesagten anschließen könnten, insoweit wir überall eine physiologische Deutung zu geben vermöchten. So hängt z. B. die schon erwähnte geringere Solidität der Brustgegend mit der abgekürzten Form des Sternum innig zusammen. Ein so kurzes Brustbein ist den Rippen eine schlechte Stütze. Es zieht sich mehr in die Rolle einer Stütze des Schultergerüstes zurück und in dieser Funktion finden wir es auch bei den nackten Amphibien wieder. Als ganz auffallende Eigenheit erwähnen wir die rippenartigen Knochen in der Bauchwandung der Krokodile. Sie legen Zeugniß ab von der durch den ganzen Rumpf gehenden Gliederung in Abtheilungen, welche den Wirbeln entsprechen. Wir erkennen sie, wenn wir einmal wissen, daß faserige Stränge und Knochen einander im Skelette vertreten können, in faserigen Streifen (inscriptiones tendineae) wieder, welche eine entsprechende Stelle in den Bauchmuskeln der Säugethiere einnehmen.

Zwischen den Eidechsen und Schlangen gibt es bekanntlich eine Reihe von Uebergangsformen. Der Körper wird länger, schlanker und die Extremitäten ungenügender, es fehlt ein Paar derselben (Bipes, Chirotes), oder sie fallen auch alle vier, bis auf unbrauchbare Rudi-

Fig. 212.



Chalcis.

mente, weg, wie bei den Blindschleichen (Anguis), welche doch ihrem Schädel nach keine Schlangen, sondern Eidechsen sind. Natürlich muß dabei die Wirbelsäule auch allmälig noch an Bestimmtheit der Gliederung in Regionen verlieren, und der nun zu betrachtenden Einrichtung der Schlange ähnlicher werden.

In der Wirbelsäule der Schlangen fallen ziemlich alle für die Bewegung wichtigen Gegensätze fort. Als Halswirbel können wir noch die vordersten Wirbel bezeichnen, weil sie in der That rippenlos sind. Dann folgt die lange Reihe der rippentragenden Wirbel, und an diese schließen sich die Schwanzwirbel, welche mit vollständigen oder unvollkommenen unteren Bogen versehen sind. Den Rippen fehlt eine mittlere Vereinigung durch ein Brustbein, so daß jede Rippe mehr selbstständig in ihren Bewegungen wird.

Bei den nackten Amphibien ist der Atlas wieder, wie bei den Säugethieren, durch zwei seitliche Gelenkflächen mit dem Hinterhaupte verbunden.

Unter ihnen zeichnen sich die sog. ungeschwänzten Batrachier durch sehr geringe Zahl der Wirbel aus. Die Wirbel bieten vom zweiten an bis zum Becken nicht solche Verschiedenheiten dar, daß man sie in verschiedene irgend wichtige Gruppen theilen könnte. Sie besitzen gewöhnlich starke Querfortsätze, aber meistens nicht einmal Spuren von Rippen, so daß hier, wie schon oben gesagt, das Brustbein auf seine Beziehung zum Schultergürtel zurückgedrängt ist. An der Bildung des Beckens nimmt nur ein Wirbel Theil. Die mit ihm verbundenen Darmbeine strecken sich von hier weit nach hinten, und da Sitzbeine und Schambeine höchst rudimentär sind, so fällt die Einlenkung der Unterschenkel an das Ende des Beckens. Es bildet dasselbe einen länglichen, horizontalen knöchernen Rahmen, welchen vorn der Beckenwirbel schließt, während seine Seiten sich nach hinten gegen einander neigen und zu einer Masse sich verbinden, welche die Andeutungen der Sitz- und Schambeine, beiderseits aber die Gelenkgruben für die Oberschenkel enthält. — An den Beckenwirbel schließt sich nach hinten noch ein langer, seitlich abgeplatteter, somit schwertförmiger, einziger Schwanzwirbel, welcher zwischen den Seitenschenkeln des Beckens liegt, wie die Zunge der Waage zwischen den Schenkeln des Halters.

Die geschwänzten unter den nackten Reptilien haben wohl deutlichere Rippen, doch fehlt auch diesen die Befestigung am Brustbeine. Die Wirbelsäule ist oft sehr lang, trägt bei mehreren kein Becken und ist besonders bei den nur auf Schwimmen angewiesenen sehr schwach.

Ueberaus einfach in ihrer Gliederung ist die Wirbelsäule der Fische. Man kann eigentlich nur einen Rumpftheil und einen Schwanztheil unterscheiden und selbst diese sind häufig

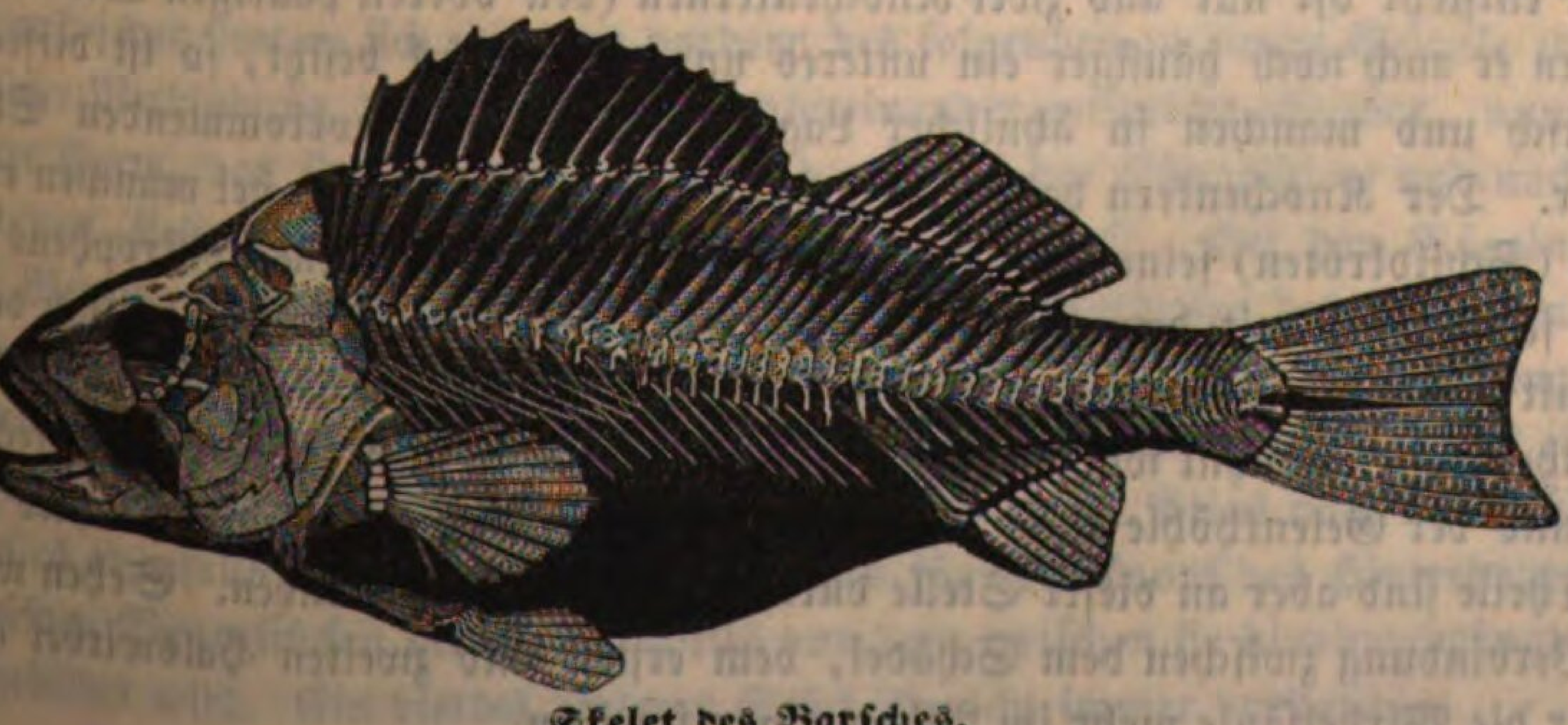


Fig. 213.

Skelet des Barsches.

nicht scharf geschieden, sondern gehen allmälig in einander über. Außer den ersten zwei oder drei Wirbeln, welche nicht selten der Rippen ermangeln, finden sich sehr häufig kürzere oder längere Rippen an der Reihe von Wirbeln, welche man alsdann Rumpfwirbel nennen darf. Die Rippen sitzen oft den Wirbelkörpern dicht auf, manchmal sind aber auch die unteren paarigen Wirbelstücke zu länglichen Fortsätzen ausgebildet, welche dann an ihrer Spitze die Rippen tragen. Oft nun wird der Beginn der Schwanzgegend dadurch angedeutet, daß diese unteren Wirbelstücke sich durch Fortsätze, welche sie einander unter den Wirbelkörpern entgegenstrecken, zu unteren Bögen an einander schließen; indem sich dabei aber oft noch Rippen an ihnen finden, ist die Natur ihrer Wirbel als Schwanzwirbel dennoch zweifelhaft. Nicht selten fehlen aber auch die Rippen den Fischen gänzlich, und wo sie vorhanden sind, haben sie doch nie ein Brustbein zum untern Schlußstücke. Sehr gewöhnlich ist den Fischen eine Modifikation der letzten Schwanzwirbel zu einer Platte, welche, wie der letzte Wirbel bei den Vögeln, sich in der Mittelebene des Körpers entwickelt. — Das Schultergerüst und Beckenrudiment haben so wenig Beziehung zur Wirbelsäule, daß wir erst bei Betrachtung der Extremitäten auf sie zurückkommen werden.

In enger Verbindung mit der dargestellten Gliederung der Wirbelsäule und den verschiedenen Bewegungsweisen der Thiere steht nun auch die Befestigungsart der Wirbel an einander, welche sowohl der Anzahl der Berührungsflächen nach, als auch in der Solidität der Verbindung, manche Abänderungen darbietet. Diese schließen sich der erläuterten Gliederung in sofern an, als sie durch die ganze Wirbelsäule hindurch um so gleichförmiger sind, je weniger auch sonst eine Gliederung stattfindet. Sie bilden eigentlich einen Theil der Merkmale der Gliederung. Die wichtigsten Berührungen und Verknüpfungen der Wirbel mit einander finden theils Statt zwischen den Körpern, theils zwischen den Bogentheilen, weniger wichtige zwischen Bogentheilen und Körpern; gewisse andere, z. B. zwischen sog. Querfortsätzen, haben (durch Seltenheit) noch geringere Bedeutung.

Die Verbindung der Wirbelkörper unter einander ist die beständigste von diesen, sie mangelt keinem Thiere, sondern nur in einzelnen bestimmten Theilen kann sie fehlen. Wenn wir nämlich berechtigt sind, das Hinterhauptsbein einen Wirbel zu nennen, und diese Berechtigung erleidet keinen Zweifel, so fehlt zwischen dessen Körper oder Centralstücke (pars basilaris ossis occipitis) und dem nächstfolgenden die Verbindung bei den Säugethieren und den nackten Reptilien, während sie bei den Vögeln, beschuppten Reptilien und Fischen regelmäßig vorhanden ist, bei den letzteren namentlich ganz der Verbindung ähnlich, welche auch die übrigen Wirbel unter sich besitzen. Bei den Fischen hat sie meist dieselbe Gestalt, wie die Verbindung der übrigen Wirbel unter einander. Bei den Vögeln und beschuppten Reptilien aber hat diese Verbindung eine eigenthümliche Umformung erlitten. Man muß wissen, daß der sog. processus odontoideus des Epistropheus der Hauptsache nach aus einem eigenen Knochenkerne entsteht, welcher eigentlich dem Centralstücke des Atlas entspricht. Der Atlas ist bei den Thieren, deren Epistropheus diesen Fortsatz trägt, ein unvollständiger Wirbel, entsteht oft nur aus zwei Knochenkernen (den oberen paarigen Wirbelelementen), und wenn er auch noch häufiger ein unteres unpaares Stück besitzt, so ist dieses doch nur accessorisch und manchen in ähnlicher Lage unter Wirbeln vorkommenden Stücken vergleichbar. Der Knochenkern des sog. Zahnfortsatzes verräth auch bei manchen erwachsenen Thieren (Schildkröten) seine Natur dadurch, daß er nicht mit dem Epistropheus verwächst, sondern selbst fester mit dem Atlas verbunden ist. Wie nun der Zahnfortsatz des Epistropheus mit dem Hinterhauptsbeine bei den fraglichen Thieren in Verbindung steht, ist schon früher theilweise erwähnt worden: indem derselbe sich in den Atlas hineinstreckt, füllt er den Grund der Gelenkhöhle aus, in welche der Gelenkkopf des Hinterhauptes hineintritt. Beide Theile sind aber an dieser Stelle durch ein Ligament verbunden. Sehen wir nun von dieser Verbindung zwischen dem Schädel, dem ersten und zweiten Halswirbel ab, so läßt sich über die Wirbelsäule mehr im Allgemeinen sprechen.

Die Wirbelkörper der Säugethiere kehren einander meist flach concave Flächen zu. Nur in einigen Fällen findet man im Halstheile der Wirbelsäule, z. B. des Pferdes, convexe mit concaven Flächen verbunden. Nothwendig ist also ein Raum zwischen den Wirbelflächen auszufüllen; und dieß geschieht durch eine faserknorplige Masse, welche bedeutend dick ist und selbst zwischen den Rändern der Wirbelflächen, wo sie doch am dünnsten ist, noch eine nicht unbedeutende Dicke hat. Es bildet also dieser Faserknorpel zwischen je zwei Wirbeln eine meist biconvexe Scheibe und es trägt die Gesammtheit dieser Knorpel ein nicht Geringes zur Länge der Wirbelsäule bei. Wir besitzen eine genaue Messung hierüber, welche an der menschlichen Wirbelsäule angestellt wurde. Die Gebrüder Weber fanden die Gesammthöhe von 24 Wirbeln ohne die Knorpel zu etwa 136 Millim., während die sämmtlichen 23 Knorpel (unterhalb des 2., 3. bis 24. Wirbelkörpers) wenig unter 43 Millim. betrugen.

Auf dieser elastischen Masse beruht die Biegsamkeit der Wirbelsäule der Säugethiere. Nur die Beckenwirbel sind regelmäßig fest mit einander verwachsen. — Die Wirbelkörper der Vögel haben, wie oben erwähnt, sattelförmige Gelenkflächen, welche einander unmittelbar berühren. Bei den Reptilien ist die häufigste Form der Verbindung unter den Wirbelkörpern, daß convexe und concave Flächen einander berühren. Es sind die convexen bald walzenförmig, bald Kugelstücke, bald ziemlich flach, bald sehr vorspringend, namentlich wo sie Kugelstücke bilden, wie besonders bei den Schlangen. Gewöhnlich herrscht durch die Länge der Wirbelsäule eines Thieres das Gesetz, daß entweder alle Vorder- oder alle Hinterflächen der Wirbelkörper convex sind. Die Schildkröten zeigen hiervon jedoch merkwürdige Ausnahmen. Namentlich der Halstheil ihrer Wirbelsäule ist interessant. Die Convexitäten sind hier theils mehr knopfförmig, theils mehr in die Breite gezogen, und es finden sich dieselben bald hinten, bald vorn an den Wirbelkörpern, so daß zwischen den gewöhnlich convex-concaven Wirbeln sich auch biconvexe und biconcave finden.

Bei gewissen beschuppten Reptilien findet sich im Schwanze, bei einigen nackten aber durch die ganze Wirbelsäule ein Verhältniß, welches wir bei den Fischen als das gewöhnliche schon kennen. Das ist nämlich die Verbindungsweise, in welcher die Ränder der tief-concaven Wirbelkörper einander unmittelbar berühren, während in dem Raume zwischen den beiden Concavitäten sich eine Masse vorfindet, welche meist als deutlicher Rest der Chorda dorsalis zu erkennen ist. Von dieser Form finden sich dann allmälige Uebergänge bis zu dem Bestehen einer Chorda dorsalis durch die ganze, nur in Form eines häutigen Rohres vorhandene Wirbelsäule. Bei einer einzigen Fischgattung (Lepidosteus) findet sich eine Verbindung der Wirbelkörper durch wahre Gelenke mit concaven und convexen, auf einander passenden Flächen.

Nächst diesen Verbindungen der Körperstücke unter einander sind besonders verbreitet die Verbindungen der Bogentheile. Sie fehlen jedoch schon manchen Thieren (vielen Fischen) gänzlich, und bei anderen wenigstens im hintern Theile der Schwanzwirbelsäule. Die gewöhnliche Form dieser Verbindung ist die, daß von jeder Seite eines Wirbelbogens ein Ausläufer, sogenannter processus obliquus, sowohl nach vorn als auch nach hinten sich erstreckt und jeder vordere sich mit dem hintern processus obliq. des vorhergehenden und jeder hintere sich mit dem vordern des folgenden zu einem Gelenke zusammenfügt. Dieser Verbindung der Bogentheile untereinander entspricht offenbar, wenn auch in modificirter Form, das Doppelgelenk, welches den Atlas der Säugethiere und nackten Reptilien mit den Seitentheilen des Hinterhauptbeines verknüpft. Bei den Vögeln und beschuppten Reptilien fehlt diese Verbindung zwischen Seitentheilen des Hinterhauptes und des Atlas auch nicht, nur ist sie hier in Eins zusammengezogen mit der Verbindung zwischen Hinterhaupts- und Atlaskörper. Denn der Knopf am Hinterhaupte pflegt aus einem Zusammentritte dreier Knochen zu bestehen, wie die Höhlung am Atlas nach dem früher Vorgetragenen es ebenfalls thut, indem die Gelenkfläche für den Knopf des Hinterhauptes theils von den beiden Bogenstücken des Atlas, theils von dem zwischen sie hineingedrängten Zahnfortsatze gebildet wird. Ein viertes, unteres Stück ist nicht immer vorhanden.

Bei den Fischen findet sich auch in dieser Verbindung die größte Aehnlichkeit mit den Verhältnissen der übrigen Wirbel unter einander. So constant die Einlenkung der processus obliqui an einander nun aber auch ist, so bietet sie doch eine bedeutende Verschiedenheit in der Lage der Gelenkflächen dar, welche bald horizontal, also die eine auf der andern, liegen, bald senkrecht und der Axe der Wirbelsäule parallel laufen, bald mittlere Lagen beobachten. Dieß hat dann natürlich bestimmten Einfluß auf Grad und Art der möglichen Bewegungen der Wirbel an einander. — Eine bemerkenswerthe Abänderung der Verbindungsweise der Wirbelbogen findet sich im Skelette der Schlangen, wesentlich ähnlich an den Lendenwirbeln einiger Säugethiere. Bei den Schlangen nämlich geht außer den beiden zu den Seiten gelegenen processus obl. noch von der Mitte jedes Wirbelbogens ein breiter, manchmal zweilappiger Fortsatz nach vorn, welcher sich zwischen die beiden hinteren processus obl. des vorhergehenden Wirbels einfügt und mit jedem derselben eingelenkt ist, so daß ein jeder Schlangenwirbel nicht die häufigere Zahl von sechs, sondern zehn Gelenkflächen besitzt, fünf gegen den vor ihm und fünf gegen den hinter ihm liegenden Wirbel gewandt. — An den Lendenwirbeln einiger Säugethiere sind die Verbindungen ähnlich. Bei Dasypus setosus, den wir vor uns haben, ließe sich die eben gegebene Beschreibung vollständig anwenden, nur daß der accessorische mittlere Fortsatz vom hintern Rande der Wirbelbogen und rückwärts läuft, so daß er sich zwischen die vorderen processus obl. jedes folgenden Wirbels einschiebt.

Eigen ist den Schlangen aber die horizontale Richtung der breiten Gelenkflächen der processus obl., durch welche jede andere Bewegung der Wirbel an einander, als die horizontale verhindert wird: die Schlangen können sich in horizontaler Richtung stark schlängeln, nicht aber den Rücken auf- oder abwärts krümmen. — Die Wirbel der Fische entbehren der Verbindung durch die processus obl. häufig. Es ist bei ihnen eine gewöhnliche Erscheinung, daß diese Fortsätze in mehr oder weniger deutlichen Spuren vorhanden sind, dabei aber nicht entwickelt genug, um sich völlig an einander zu schließen. Zuweilen hat auch jeder Wirbel deren nur zwei, so daß an vielen Wirbeln nur hintere oder nur vordere Fortsätze dieser Art vorkommen. Diese Verbindung fehlt übrigens häufig, auch wo sie im vordern Theile des Skelettes ausgebildet vorkommt, den hinteren Schwanzwirbeln. Das ist zwar nicht der Fall, wo die Schwanzwirbel bis zum letzten hin so wohl entwickelt sind, als bei den Vögeln. Wohl aber tritt es sehr natürlich ein, wo vom Anfange des Schwanzes oder einem andern Punkte desselben an, bis gegen dessen Spitze hin, die Wirbel immer mehr verkümmern, so daß zuletzt jeder Wirbel nur ein schlankes Knöchelchen ist, in welchem die Bogentheile selbst fehlen. Wir bemerken, die Wirbel eines längern Schwanzes von vorn nach hinten verfolgend, wie an denselben nicht bloß die Dimensionen der Theile, außer der Längendimension, abnehmen. Die Bögen werden schon weit vor dem Ende unvollkommen, indem sie sich in der Mitte öffnen. Dann werden sie immer kleiner, so daß sie bald nur noch durch kleine Höcker dargestellt sind, welche sich von den Wirbelkörpern erheben. Es hängt diese Veränderung damit zusammen, daß das Rückenmark höchstens in die ersten, starken Schwanzwirbel hinein sich noch fortsetzt, so daß weiterhin der von den Wirbelbögen gebildete Kanal überflüssig wird. Gegenüber dem Mangel der Verbindung der Wirbelbögen unter einander, findet sich eine solche auch in manchen Fällen excessiv ausgebildet, so daß dadurch eine Starrheit der so beschaffenen Theile der Wirbelsäule entsteht. Es kann dieß seyn, indem die Bögen der Wirbel allzu ausgedehnte Berührungsflächen einander zukehren, oder es kann auch eine wirkliche Verschmelzung zwischen den Berührungsflächen der Bögen eintreten. — Die untern Bögen, oder einfache Knochen, welche manchmal ihre Stelle vertreten, tragen zur Verbindung der Wirbelsäule seltener in der Weise bei, daß sie sich mit gleichnamigen Theilen (ein Bogen mit dem andern) verbinden, als daß sie auf der Gränze zwischen zwei Wirbelkörpern stehen und so zur Verknüpfung dieser beitragen. Dabei ist bald die Verbindung mit beiden gleich locker, bald ist gegen den einen Wirbelkörper die Ausdehnung der Berührungsflächen größer, bald ist der Bogen mit einem Körper verwachsen, während er mit dem

andern nur beweglich verbunden ist. Letzteres findet sich häufig am Schwanze der Fische. — Wo eine Verbindung der unteren Bögen unter einander eintritt, da findet sie sich z. B. in Form einer knöchernen Brücke, welche von einem zum andern läuft.

Eine besondere Festigkeit ohne völlige Unbeweglichkeit findet sich zuweilen in der Verbindung einiger Wirbel erreicht, indem mächtige Querfortsätze, nach jeder Seite von den Wirbeln ausgehend, sich mit den gleichnamigen Fortsätzen der vor und hinter ihnen gelegenen Wirbel verbinden. Diese Bauart, z. B. an einigen Lendenwirbeln der Pferde vorkommend, verhütet seitliche Bewegungen, während Biegungen nach auf- und abwärts möglich bleiben.

Doch mögen diese letzteren Notizen nur als Andeutungen betrachtet werden über den Reichthum an Einrichtungen, durch welche die Functionen der Wirbelsäule verschiedener Thiere und verschiedener Gegenden der Säule eines Thieres specialisirt und ganz besonderen Lebensverhältnissen angepaßt werden.

Blicken wir von hier noch einmal zurück auf die Hauptverschiedenheiten der Einrichtungen der Wirbelsäule. Wir fanden:

bei den Säugethieren mit Ausnahme der Cetaceen einen mehr oder weniger beweglichen Hals, ziemlich starren Brusttheil, biegsamen Lendentheil, starres Becken, sehr verschiedenen Schwanz. Nur bei den Cetaceen ist der Hals steif, die Brust wohl weniger starr als sonst und sämmtliche dahinter liegende Wirbel, bei Mangel des Beckentheiles, beweglich, der Schwanz stets sehr stark.

Bei den Vögeln sehr beweglichen Hals, festen Rumpf, kurzen aber beweglichen und kräftigen Schwanz. Einige Abweichungen davon bei nicht fliegenden Vögeln.

Den Vögeln in der Hauptsache ähnlich die Gliederung der Wirbelsäule der Schildkröten, der Schwanz weniger gleichmäßig.

Die Saurier und Krokodile den Säugethieren ähnelnd aber mit weniger Verschiedenheit der Beweglichkeit der Abtheilungen, was noch mehr von den nackten geschwänzten Reptilien gilt.

Die nackten schwanzlosen Reptilien mit kurzer mäßig biegsamer Wirbelsäule.

Die Schlangen durch die ganze Wirbelsäule seitlich biegsam und somit sich den Fischen annähernd, bei welchen stets die Biegungen, entweder der ganzen Wirbelsäule oder mehr des hintern Endes derselben die Bewegung vermitteln.

Durchaus diesen Gliederungen angemessen ist die Anordnung der Muskelmassen, vorhanden für die beweglichen, fehlend für die starren Theile, stark oder schwach, manchfaltig oder einfach, je nach den in den Massen, den Formen und Einlenkungen des Skelettes ausgedrückten Forderungen.

Für die Gliederung der Muskelmasse ergeben die eben durchlaufenen Verschiedenheiten der Wirbelsäule zwei sehr verschiedene Formen sogleich als nothwendig:

Wenn die Wirbelsäule in ihrer ganzen Länge mehr gleichmäßig beweglich ist, wie bei Schlangen und Fischen, so wird auch die Muskulatur ein sehr einförmiges Ansehen haben. Die Muskelkörper, welche den Wirbel a. gegen den Wirbel b. und umgekehrt bewegen, können dieselbe Beschaffenheit haben, als die, welche b. c. d. u. s. w. unter einander bewegen. Nur der Umstand, daß die Wirbel gegen das Ende der Säule hin, namentlich im Schwanze der Schlangen, schwächer werden und einen geringern Muskelapparat erfordern, die Verbindung anderer Skelettheile mit den Wirbeln (Rippen, Schädel) unterbrechen hier die höchste Einförmigkeit.

Als äußersten Gegensatz dieser Einrichtung haben wir jene sehr bestimmte Gliederung der Wirbelsäule in Wirbelgruppen kennen gelernt, welche sich bei Landsäugethieren, Vögeln und Schildkröten zeigt. Hier ist sehr natürlich die Anordnung der Muskelmasse eine andere an den beweglichen, als an den festen Wirbelgruppen. Die letzten können aber vortrefflich benützt werden, um von ihnen aus Muskelfasern zu vielen beweglichen Wirbeln hinüber-

zuspannen und so auf deren Bewegung zu wirken. So erstrecken sich selbst bedeutende Muskelmassen von einem der festeren Glieder der Wirbelsäule zu einem andern, über den dazwischen liegenden beweglichen Theil hinüber. Wir erinnern an die starken Muskeln, welche namentlich bei Säugethieren von dem Brusttheile des Skelettes zu dem schweren Kopfe hinübergehen. Ist aber schon durch diese Umstände die Anordnung der Fleischmassen solcher Thiere eine mannichfaltige, so wird ihr Anblick nun noch bunter dadurch, daß sich mit solchen in Gruppen bestimmt gegliederten Wirbelsäulen stets stützende Extremitäten verbinden, für deren Bewegungen gegen den Rumpf eine bedeutende vom Rumpfe und theilweise von den Wirbeln ausgehende Muskulatur erforderlich ist, welche sich mit der übrigen theils complicirt, theils sich über dieselbe lagert u. s. w.

Fig. 214.



Muskulatur des Vogels.

Aber auch in jener einfachern, den Schlangen und Fischen zukommenden Anordnung der Muskelmassen sind noch wieder zwei sehr verschiedene Stufen der Entwicklung zu unterscheiden. Die eine derselben bezieht sich auf das Leben im Wasser, die andere auf das Kriechen auf festem Boden. Die erstere findet sich bei den Fischen und ähnlich bei den ausschließlich auf das Wasser angewiesenen Formen unter den nackten Reptilien (Perennibranchiaten), während für die andere die Schlangen oder schlangenförmigen Landthiere das Muster geben.

Der Unterschied dieser zwei Formen, in Beziehung auf die Funktion ausgedrückt, ist der, daß bei den Wasserthieren eine Biegung der Wirbelsäule sich nicht auf die Verbindung zwischen zwei bestimmten Wirbeln einschränken kann, es kann keine scharfe Knickung der Wirbelsäule an einer bestimmten Stelle bewirkt werden, sondern die Krümmungen betreffen immer Strecken von Wirbeln. Bei den Schlangen dagegen können viel bestimmtere und begränztere Biegungen der Wirbelsäule hervorgebracht werden. In Beziehung hierzu steht die uns bekannte ganz verschiedene Befestigungsweise der Wirbel an einander. Bei den Schlangen finden wir die Wirbel durch wahre Gelenke unter einander verbunden, deren Form eine bedeutende Beweglichkeit zu erkennen gibt, während bei den Fischen fast durchaus die Ränder der Wirbelkörper (wo deren überall sich finden) so durch feste Häute unter einander verbunden sind, daß nur die Dehnbarkeit derselben die Krümmung der Wirbelsäule möglich macht, weßhalb denn auch an die Stelle solcher Wirbelsäulen eine continuirliche Knorpelsäule treten kann, ohne daß dadurch die Art der Beweglichkeit wesentlich verändert würde.

Die funktionelle Beziehung dieser Verschiedenheiten beruht darin, daß, wie ich schon an einem andern Orte gesagt habe, die Bewegungen der Fische *in einem ungeformten Medium* vor sich gehen, während die Schlangen sich einem geformten, starren Medium *anzuschmiegen* haben. Man denke nur an den Fall, daß eine Schlange sich um einen Baumast windet, durch Felsspalten, zwischen Steinen u. dgl. kriecht, so wird dieser Ausdruck keiner weitern Erläuterung bedürfen.

Die Anordnungen des Muskelsystemes nun, welche jenen Verschiedenheiten des Skelettes und diesen Verschiedenheiten der Funktion entsprechen, sind folgende. — Bei den Schlangen besteht die Muskelmasse der Wirbel vorwiegend aus kleinen Muskelkörpern, welche von einem Wirbel zum nächsten hinübergehen, oder doch nur kurze Strecken der Wirbelsäule überspringen. — Bei den Fischen dagegen bekleiden große Muskelmassen die Seiten des Skelettes, welche nur schwach mit den einzelnen Wirbeln in Verbindung stehen. Jedem Wirbel entspricht nämlich eine membranöse Scheidewand, welche die großen Muskeln durchsetzt. Dadurch sind diese freilich, wenn man will, in ebenso viele einzelne Muskeln getrennt.

Zwischen je zwei der genannten Septa liegt immer eine Scheibe von Muskelfleisch, deren Fasern sich hinten und vorn an den Septa befestigen. Wären die mit den Wirbeln verbundenen Septa nun von Knochen, so würde allerdings die zwischen je zweien liegende Muskelscheibe durch ihre Contraction eine ganz begränzte Wirkung auf zwei Wirbel ausüben können. Da sie aber membranös sind und nur häufig feine Knochengräten enthalten, so würde sich die solchergestalt begränzte Contraction doch immer durch Zerrung auf mehrere Wirbel ausdehnen müssen. (Man darf sich übrigens nicht vorstellen, daß die erwähnten Septa und Muskelscheiben sehr einfach von Gestalt wären. Die Ränder der Septa kommen auf der Oberfläche der Muskelmassen zum Vorschein als weiße Linien, wie man an jedem enthäuteten Fische sehen kann. Schon diese Ränder bilden nicht etwa gerade Linien von oben nach unten, sondern bieten mehr oder weniger bedeutende Zickzacke dar. So sind auch die Flächen selbst manchfaltig vor- und rückwärts geknickt, so bedeutend, daß man, bei querem Durchschneiden eines Fisches, deren mehrere trifft. Auch dasselbe Septum tritt dabei an verschiedenen Stellen in die Schnittebene. Dieß ändert aber die obigen Folgerungen nicht. Die Form der Muskelscheiben schließt sich diesen Knickungen der Septa natürlich an. Man kann sie an gekochten Fischen oft sehr gut sehen, indem das Gewebe der einzelnen Septa sich durch das Kochen erweicht, so daß die Muskelscheiben sich von einander lösen).

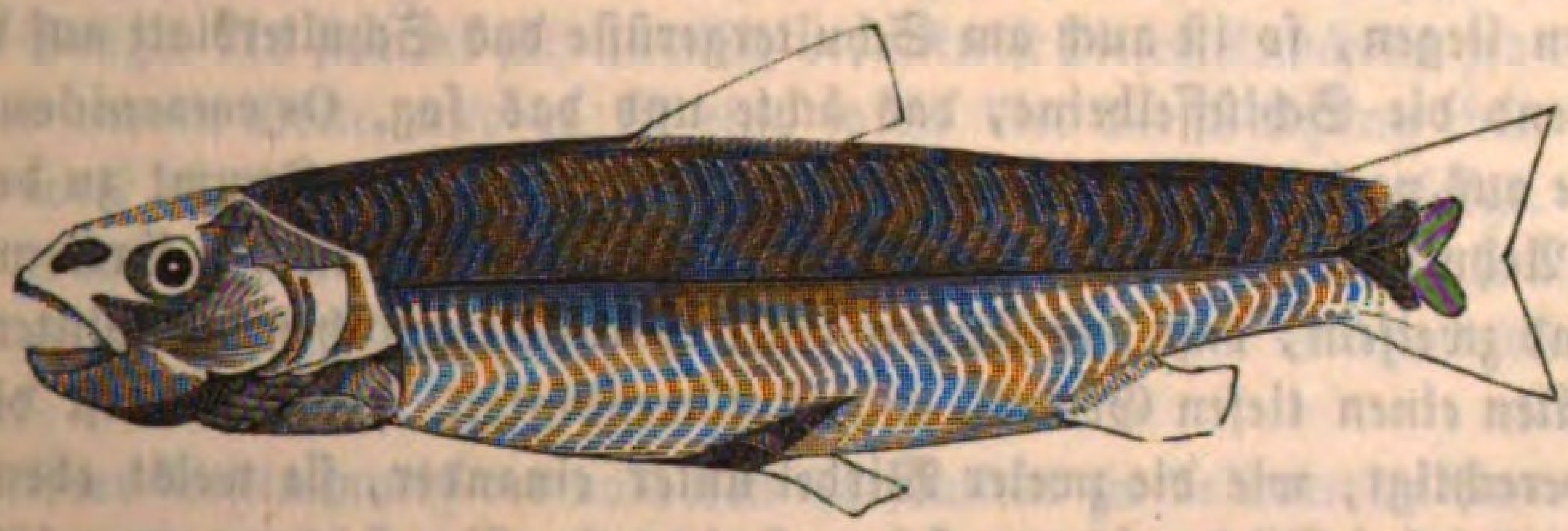


Fig. 215.

Muskulatur des Fisches.

Da wir an die Betrachtung der Wirbelsäule schon zwei andere Knochensysteme angeschlossen haben, weil sie bedeutsam für die besprochene Gliederung der Wirbelreihe sind: die Knochen des Brustkorbes und des Beckens, so knüpfen wir an diese wiederum eine Uebersicht der **Extremitätenformen**. Vorauf wäre nur noch zu bemerken, daß bei den meisten Fischen (Knochenfischen) das Schultergerüst einen festen Stützpunkt am Hintertheile des Schädels findet.

Die Extremitäten dienen im Allgemeinen als Werkzeuge zur Hervorbringung von Bewegung, entweder des Thieres selbst, oder, was mehr nur den entwickelteren Formen zukommt, auch zur Bewegung anderer Gegenstände. Die ausgebildeteren Extremitäten besitzen immer eine Mehrzahl von theils langen, theils kurzen Knochen, welche durch verschiedenartige Gelenke unter einander verbunden sind.

Bei den langen Knochen ist sehr verbreitet die Einrichtung, daß sie in ihrem Innern (wenigstens in dem Mittelstücke) **hohl** mit Knochenmark oder auch (bei den Vögeln) mit Luft gefüllt sind.

Ueber diese Verwendung der erforderlichen Knochenmasse in der Form von Hohlcylindern hat, wie oben beiläufig angeführt, schon Galilei die Bemerkung gemacht, daß sie weit vortheilhafter für die Stärke, Resistenz der langen Knochen sey, als wenn aus derselben Menge von Knochensubstanz eine solide, natürlich dann um so viel dünnere Säule gebildet sey.

Die Grundzahl der Extremitäten der Wirbelthiere ist durchaus Vier, und es können nur Verminderungen dieser Zahl, nicht aber Ueberschreitung derselben aufgefunden werden. Diese Extremitäten haben, namentlich durch die drei höheren Abtheilungen der Wirbelthiere, überall wo sie vorkommen, ungeachtet einer großen Manchfaltigkeit der Formen, eine leicht nachweisbare Analogie in der Zusammensetzung, so daß man, eine specielle Form zum

Grunde legend, die übrigen als Metamorphosen derselben leicht auffassen kann. Und nicht bloß sind die Verwandtschaften zwischen dem vordern Paare eines und dem vordern Paare eines andern, oder zwischen den hinteren Paaren verschiedener Thiere im Ganzen leicht aufzufinden, sondern auch die vorderen und hinteren Extremitäten zeigen die unverkennbarste Gemeinsamkeit des Bildungsplanes, so daß man die vorderen Extremitäten eines Thieres sowohl mit den hinteren desselben, als eines andern vergleichen kann. Beginnen wir eine solche vergleichende Uebersicht mit den sogenannten Grundgliedern der Extremitäten, dem Becken und Schultergerüst, so finden wir zwar beide unter sich oft sehr verschieden, erkennen aber dennoch in beiden einen gemeinsamen Plan, welcher in den einzelnen Fällen mehr oder weniger vollkommen und jedesmal in einer Weise ausgeführt ist, welche einem besondern Bedürfnisse entspricht.

Die Aehnlichkeit zeigt sich sogleich, wenn wir auf das Zusammentreten der einzelnen Knochen in jedem dieser Gerüste achten. Ebenso, wie das Becken aus drei Knochen zu bestehen pflegt, welche in der Gelenkpfanne für den Oberschenkelkopf zusammenstoßen, ebenso finden wir auch in den vollkommneren Schultergerüsten drei Knochen, welche wenigstens in der Nähe der Gelenkgrube für den Oberarmbeinkopf sich zu verbinden pflegen. Wie am Becken ein meist flacher Knochen nach der Oberseite des Leibes hin, die beiden anderen dagegen nach unten liegen, so ist auch am Schultergerüste das Schulterblatt auf die Rückseite gelagert, während die Schlüsselbeine, das ächte und das sog. Os coracoideum, von dem Oberarmgelenke aus nach der Bauchseite des Thieres sich ziehen. Kommt zu den schon hier nachweisbaren Aehnlichkeiten nun die meist weit auffallendere in den Extremitäten selbst, so wird Niemand zweifeln, daß das Ziehen einer Parallele zwischen den hinteren und vorderen Extremitäten einen tiefen Grund, eine Nothwendigkeit, habe. Es ist diese Vergleichung eben so berechtigt, wie die zweier Wirbel unter einander, sie weist ebenso wie diese und viele namentlich bei Gliederthieren sich aufdringende Vergleichungen zwischen Körpertheilen auf einen Naturplan hin. Wäre es erlaubt, die schaffende Gewalt in der Natur unserm menschlichen Sinne so anzunähern, so würden wir sagen: der Wirbel, die Extremität, einmal erfunden, wurden dann in der manchfaltigsten Weise sowohl in verschiedenen Thieren als auch in demselben Körper verschiedenen Zwecken angepaßt.

Bei den Säugethieren ist ein sehr durchgreifender Unterschied der Anlage der hinteren und vorderen Extremitäten darin gegeben, daß das Becken fest mit der Wirbelsäule verbunden ist, während das Schultergerüst eine unmittelbare Berührung mit derselben nicht eingeht, sondern höchstens an das Brustbein sich stützt, häufig aber auch dieser, durch das Schlüsselbein vermittelten Stütze entbehrt. Dem entspricht die physiologische Verschiedenheit, daß die hinteren Extremitäten immer vorzüglich der Sitz und das Mittel der ortsbewegenden Kraft sind. In besonders hohem Maße zeigt sich das bei den langschenkeligen springenden Thieren: Känguruh, Springmäusen u. s. w., so wie bei dem Menschen, dessen gewöhnliche Ortsbewegung ja ganz auf den hinteren Extremitäten beruht und nur in früher Kindheit oder beim Klettern, Schwimmen u. s. w. von den vorderen Extremitäten unterstützt wird. Bei den Vögeln, welche zweierlei Ortsbewegung besitzen, nicht abwechselnd auf vordere und hintere Extremitäten sich stützen, durfte und mußte auch das Schultergelenk sich fester mit dem Rumpfe verbinden. Dieß geschieht aber nicht durch die Schulterblätter (welche den Darmbeinen entsprechen) sondern durch hintere Schlüsselbeine, daher auch nicht mit der Wirbelsäule unmittelbar, sondern mit dem Brustbeine. Bei den Säugethieren ist dagegen der Wechsel der Thätigkeit der vorderen und hinteren Extremitäten in der manchfachsten Weise, als Schritt, Trab, Paßgang, Galopp ausgebildet und während bei ihnen die hinteren Extremitäten den Körper stützen, stoßen, werfen, sind es sehr vorzugsweise die vorderen Extremitäten, durch welche alle feineren Bewegungen bewirkt werden, durch welche das Thier auch auf andere Gegenstände bewegend einwirkt, sey dieß in der einfachen Form des Scharrens, Wühlens (Pferd, Hund), oder des Schlagens (Katze), Anstemmens gegen den Fraß (Hund),

oder sey es ein eigentliches Hanthieren, wie wir es bei so vielen Nagern und am ausgebildetsten bei den Vierhändern antreffen. Nur bei den Fledermäusen tritt ein Verhältniß ein, dem ähnlich, welches bei den Vögeln so verbreitet ist. Die Ausbildung des Schlüsselbeines und mit ihr andere Vollkommenheiten der vorderen Extremitäten, zeigen sich bei den Thieren, welche complicirtere Bewegungen der vorderen Extremitäten auszuführen bestimmt sind. Es ist dieser Stützknochen gleichgültiger für die einfache locomotorische Bewegung der Vorderfüße, von vorn nach hinten, wichtig aber, um den Bewegungen dieser Extremitäten, bei welchen sie mehr oder weniger Kreise um die Körperachse zu beschreiben haben, eine feste Basis zu gewähren. Darum finden wir diese Stützung auch noch bei dem Maulwurfe, welcher gleichsam in der Erde schwimmt, und bei Thieren ähnlicher Bewegung, sowie auch bei den Vögeln gerade diese Befestigungsweise des Schultergelenkes sehr solide ist und nur da verkümmert, wo auch das Flugvermögen aufhört.

Als Eigenthümlichkeit der Vögel muß es noch angemerkt werden, daß die Hauptverbindung des Schulterblattes mit dem Brustbeine bei ihnen durch das os coracoideum bewirkt wird, während das eigentliche Schlüsselbein häufig nicht das Brustbein erreicht. Indem aber die ächten Schlüsselbeine von beiden Seiten in der Mittellinie mit einander verschmelzen und so einen Knochen, die sog. furcula darstellen, gewähren sie dennoch den Schultergerüsten eine kräftige Stütze. Es stemmt sich nämlich vermittelst dieses Knochens jedes Schultergerüst gegen das der andern Seite, und es ist eine solche Art der Stützung eben bei den Vögeln von Werth, weil der Niederschlag beider Flügel immer gleichzeitig erfolgt. Dadurch wird es verhütet, was bei abwechselndem Gebrauche der Extremitäten nothwendig der Fall seyn müßte: daß eben in dem Momente, wo die eine Schulter der Stütze bedürfte, die andere ihr nachgäbe.

Die besondere Bestimmung der vorderen Extremität zu delicateren Bewegungen steht in sehr wesentlicher Beziehung zu ihrer Stellung nahe am Kopfe, dem Hauptsitze der Sinnesthätigkeit. Die Sinnesorgane, namentlich das Auge, auch der Geruch, sind die wesentlichen Leiter eben dieser Bewegungen. Für die feinste Bestimmung der Bewegung der Vorderfüße oder Hände ist es nöthig, daß das Auge sie mit dem Objecte der Thätigkeit zugleich übersehe. In dieser Hinsicht haben die vorderen Extremitäten selbst wohl eine besondere Rolle für die einfache Ortsbewegung. Mit Unterstützung des Gesichtssinnes können dieselben bei schwierigen Bewegungsweisen mit größerer Sicherheit die geeigneten Stellen auswählen u. s. w. Bei den Vögeln erlauben es die Verhältnisse (Länge und Beweglichkeit des Halses, somit auch des Kopfes), daß die hinteren Extremitäten unter Aufsicht jener Sinneswerkzeuge ähnliche Verrichtungen übernehmen.

In jeder Extremität finden wir nun eine Mehrzahl von Knochen, welche theils nach der Länge der Extremität, theils nach ihrer Breite an einander gereiht sind. Der Länge nach zerfällt eine vollständig gegliederte Extremität in: Oberarm (humerus) oder Oberschenkel (femur), Vorderarm (antibrachium) oder Unterschenkel (crus), Hand- oder Fußwurzel (carpus, tarsus), Mittelhand oder Mittelfuß (metacarpus, metatarsus), Finger oder Zehen (digiti). Doch sind von diesen Abtheilungen der Extremität zwei, nämlich die Fuß- (oder Hand-)wurzel und die Fingerabtheilung noch in sich, der Länge der Extremität nach, gegliedert (vgl. Fig. 202). Es besteht z. B. die Handwurzel sehr oft aus zwei quer gestellten Reihen von Knöchelchen. Die Zahl der Fingerglieder ist bei den Säugethieren sehr constant, wenn wir von den Cetaceen absehen, befolgt ziemlich durchgreifende Regeln auch bei den Vögeln, weniger bei den Reptilien und geht in's Unbestimmte bei den Fischen, wenn wir die Glieder ihrer Flossenstrahlen als Fingerglieder betrachten.

Die Zusammensetzung der einzelnen Abtheilungen nach der Breite nimmt im Ganzen von oben nach unten zu: der Oberarm und Oberschenkel haben nur einen einfachen Knochen, Vorderarm und Vorderschenkel zwei neben einander liegende, Hand- und Fußwurzel, Mittelhand, Mittelfuß, Fingerabtheilung haben meist mehrere und zwar bis zu fünf neben einander

Fig. 216.



Fig. 217.



Fuß eines Pferdes, eines Wiederkäuers.

t Unteres Ende des Unterschenkels; *ta, ta'* Fußwurzel; *c* Mittelhand-Hauptknochen; *b* Mittelhand-Nebenknochen; *p, pi, pt* Fingerglieder.

liegende Glieder. Die Zusammensetzung der Extremität in dieser Richtung ist aber weit wandelbarer, als ihre Gliederung nach der Länge. Die Anzahl der Finger schmilzt bei den Equusarten bis auf einen zusammen, während die Mittelhand neben einem Hauptknochen noch zwei rudimentäre Nebenknochen besitzt. Bei den Wiederkäuern scheint die Reduction der Mittelhand weiter zu gehen, während sich von Fingern doch zwei ausgebildete und zwei rudimentäre finden. Die Mittelhand dieser Thiere besteht aus einem Hauptknochen und zwei Nebenknochen, welche wirklich meist unbedeutender, als bei dem Pferde sind, auch wohl ganz fehlen. Der Hauptknochen ist hier indessen (wie auch die Figur andeutet) nicht ursprünglich einfach, sondern aus zweien zusammengewachsen; und ebenso möchte wohl der einfache, an seinem untern Ende aber drei vollkommene Zehen tragende Mittelfußknochen von Dipus aus einer frühen Verschmelzung entstehen. — Unter allen Fingern fehlt wohl am häufigsten der Daumen, oder ist nur als Rudiment vorhanden. Doch soll bei einigen Thieren mit vier Fingern nicht der Daumen, sondern der kleine Finger fehlen. Auf der Entwicklung des Daumens beruht vorzüglich der Werth der Hand als Greiforgan. So lange der Daumen, wenn auch vollständig entwickelt, den anderen Fingern parallel liegt und mit ihnen fest der Länge nach verbunden ist, so lange ist die Hand als Greiforgan immer untergeordnet, wenn auch vielleicht sehr kräftig, wie beim Faulthier (welches gar keinen Daumen hat). Wenn aber der Daumen freier hervortritt, so ist alsbald ein anderer Gebrauch des Gliedes möglich, selbst wenn dieser Daumen nur ein verhältnißmäßig kurzes Stümpfchen darstellt (wie z. B. bei den Eichhörnchen Fig. 218), in höherem Grade natürlich, wo die Ausbildung weiter fortschreitet, wie bei den Affen (Fig. 219) und

Fig. 218.





Fig. 219.

vor allem an der Hand des Menschen, wo zu der verhältnißmäßig bedeutenden Größe, Stärke und Beweglichkeit des Daumens noch die besondere Biegsamkeit der Hand in der Richtung der Breite hinzutritt.

Sehr verschieden ist, neben der Zahl der zusammensetzenden Theile, jedoch nur theilweise darauf beruhend, das Verhältniß von Länge und Breite in Hand und Fuß. Sind diese Theile sehr lang und schmal, wie z. B. bei Pferd und Wiederkäuern, so stützen sich gewöhnlich die Thiere beim Gehen nur auf die Enden der Zehen oder Finger. So geht das Pferd eigentlich auf den Finger- und Zehenspitzen, Handgelenk und Ferse sind hoch über dem Boden. Aehnlich gehen noch viele andere Thiere, Dickhäuter durchaus, von den Raubthieren manche (Digitigraden), wenn auch nicht so sehr auf den Zehenspitzen, doch auf den Zehen, die Ferse und das Handgelenk mehr oder weniger weit vom Boden. Unter den Zehengängern gibt es aber auch Formen, in welchen die Längendimension gar nicht vorherrscht; so namentlich der Elephant. Andererseits finden wir auch wohl bei großer Schlankheit des Fußtheiles, daß derselbe dennoch bis zur Ferse an den Boden gelegt wird, wie es z. B. das Känguruh häufig thut. Auch der Hase wäre hier zu erwähnen. Im Allgemeinen aber finden sich unter den Sohlenläufern mehr breite, flache Füße und jedenfalls die vollkommneren Formen dieser Endglieder.

Wesentlich beruht die Verschiedenartigkeit des Gebrauches der Hand auch auf der Bildung des Vorderarmes. Der Vorderarm der Säugethiere, dem Unterschenkel der Lage in der Extremität und der Zusammensetzung nach entsprechend, ist von diesem doch regelmäßig durch gewisse für die Funktion wichtige Züge verschieden. Im Vorderarme ist die Verbindung nach auf- und abwärts, mit Oberarm und Handwurzel, so eingerichtet, daß der eine Knochen, die ulna, die Hauptverbindung mit dem Oberarm, der andere, der radius, die Hauptverbindung mit der Hand herstellt. Sind beide vollständig ausgebildet in ihrer Funktion, so kann sich der radius, während sein oberes Ende am Oberarme feststeht, mit seinem untern Ende vor- und rückwärts um das untere Ende der ulna bewegen und bewirkt dadurch die Rotation der Hand um ihre Längsaxe. Der Unterschenkel besteht zwar auch aus zwei entsprechenden Knochen tibia und fibula, deren Verhalten aber besonders gegen den Oberschenkel ein anderes ist, als das der entsprechenden Knochen des Vorderarmes gegen den Oberknochen. Sehen wir auf das Verhalten von tibia und fibula zum Fuße, so ist es unverkennbar, daß die tibia dem radius, die fibula der ulna entspricht. Nach oben hin aber verdrängt gleichsam die tibia die fibula aus der Rolle, welche die ulna am Arme spielt: es ist die tibia, welche die Verbindung nicht vorzugsweise, sondern meist ausschließlich bewirkt, indem die fibula gar nicht das Kniegelenk zu erreichen pflegt, sondern sich mit ihrem obern Ende an die tibia anschließt. Eben so bestimmt, wie hierin, ist die Abweichung des Kniegelenkes vom Ellenbogen auch darin ausgedrückt, daß die Streckmuskeln des Vorderarmes sich an die Ellenbogenecke befestigen, welche der ulna angehört, während die des Unterschenkels sich durch die Kniescheibe und deren Sehne mit der tibia verbinden. Man sieht leicht, wie gerade in der Eigenthümlichkeit des Vorderarmes die besondere Beweglichkeit der Hand möglich geworden ist, während dieselbe beim Unterschenkel einer größern Festigkeit aufgeopfert wird. Aber auch wo der Vorderarm nur zu einem starren Gliede bestimmt ist, wird dieß erreicht, ohne daß darum eine größere Aehnlichkeit mit dem Unterschenkel einzutreten braucht. Es geschieht der Verlust der Beweglichkeit zwischen den Theilen des Vorderarmes in einfachster Weise dadurch, daß die beiden Knochen desselben sich dicht an einander legen mit Flächen von einer Form, welche keine Verschiebung zuläßt; oder sie sind durch Verwachsung verbunden. Dann tritt auch wohl der Fall ein, daß die ulna gar nicht mehr bis zum Handgelenke reicht, nur oben stark entwickelt ist und einen wesentlichen Antheil an der Einlenkung zwischen Vorder- und Oberarm nimmt. Diese Ausbildung, welche wohl den Namen einer Verkümmerung verdient, ist aber mit einer großen Festigkeit der Einlenkung, daher mit einer großen Sicherheit der übrig gebliebenen einfachen Bewegung verbunden. Man findet die Verwachsung deßhalb bei großen Thieren, Wiederkäuern, sehr ausgebildet. Bei den Einhufern verdünnt sich die Ulna gegen die Handwurzel hin, welche sie jedoch nicht erreicht, zu einem fast fadenförmigen Knochen.

Wie im Vorderarme die Ausschließung der Drehbarkeit um die Längsachse auf eine andere Weise erreicht wird, als am Unterschenkel, so beruht auch an letzterem eine Drehbarkeit um seine Achse, so weit sie sich findet, wieder auf ganz anderen Verhältnissen, als am Vorderarme. In einer klassischen Schrift über die menschlichen Gehwerkzeuge ist darauf aufmerksam gemacht, daß der menschliche Unterschenkel bei gebogenem Knie sich am Oberschenkel zu drehen vermag, während im gestreckten Zustande nur Unter- und Oberschenkel gemeinsam einen gewissen Grad von Drehung um die Achse des Beines ausführen können, welche dann also allein auf der Beweglichkeit des Oberschenkels im Hüftgelenke beruht. Es ist dort nachgewiesen worden, daß diese im gestreckten und gebeugten Zustande verschiedene Beweglichkeit des Unterschenkels auf den Formen der im Kniegelenke zusammentretenden Gelenkflächen und den Gelenkbändern beruht; der Oberschenkel ruht auf der tibia mit zwei Rollflächen von verschiedener Krümmung. Neben dem Gelenke geht äußerlich und innen ein festes Band vom femur zur tibia. Aus der Zusammenwirkung der Krümmungen der Gelenkflächen, der Anheftungspunkte und Länge der Bänder geht es hervor, daß mit der Krümmung des Knies das äußere Band erschlafft und damit in der äußern Hälfte des Kniegelenkes ein Gleiten der beiden Gelenkflächen an einander möglich ist. Den festen Punkt dazu gibt die Stelle ab, an welcher die innere Gelenkrolle des femur auf der tibia ruht und durch das bei der Krümmung des Knies nicht erschlaffte innere Gelenkband fest angepreßt wird. — Genauere Untersuchungen an Säugethieren würden ohne Zweifel noch manche verschiedene kunstreiche Einrichtungen nachweisen, durch welche Maaß und Art der Bewegung der Extremitäten bei den verschiedenen Thieren ihren besonderen Lebensbedürfnissen angepaßt würden. Das Oberarmbein ist, der größern Beweglichkeit angemessen, welche die Hand besitzen soll, weniger tief in das Schultergelenk eingelassen, als der Kopf des Oberschenkels in die Gelenkhöhle des Beckens. Diese Verschiedenheit ist meist sehr bedeutend und namentlich am menschlichen Skelette, wo der Gegensatz zwischen vorderer und hinterer (hier oberer und unterer) Extremität so stark ist, bemerklich. Da ist auch eine Verschiedenheit der Form sehr auffallend, indem das Oberarmbein ziemlich gerade gebildet ist, während am femur nicht bloß das Hauptstück bedeutend convex nach vorn ist, sondern dessen oberes Ende auch gar nicht ohne Weiteres den Gelenkkopf trägt, sondern einen starken Seitenast nach innen gegen das Becken sendet, welcher mit dem Gelenkkopfe endigt. Bei manchen Säugethieren kommt das Oberarmbein dieser Form des Oberschenkels schon merklich näher, als das beim Menschen der Fall ist.

Die allgemein vorhandene Verschiedenheit der Funktion der Hinter- und Vorderglieder der Säugethiere drückt sich mehrfach sehr stark in den verschiedenen Längenmaaßen derselben aus. So sind die Hasen (Fig. 220) unter allen Nagethieren vorzugsweise ausgezeichnete Läufer durch die bedeutende Länge ihrer Hinterfüße, welche ihnen nur beim Bergablaufen bekanntlich hinderlich ist. Bei

Fig. 220.



Fig. 221.



den Springmäusen aber, und in besonders hohem Grade bei den Känguruhs (Fig. 221) sind die vorderen Extremitäten durch ihre Kleinheit von der schnellern Ortsbewegung ganz ausgeschlossen, welche vielmehr wesentlich sprungweise durch die gewaltigen Hinterbeine bewirkt wird.

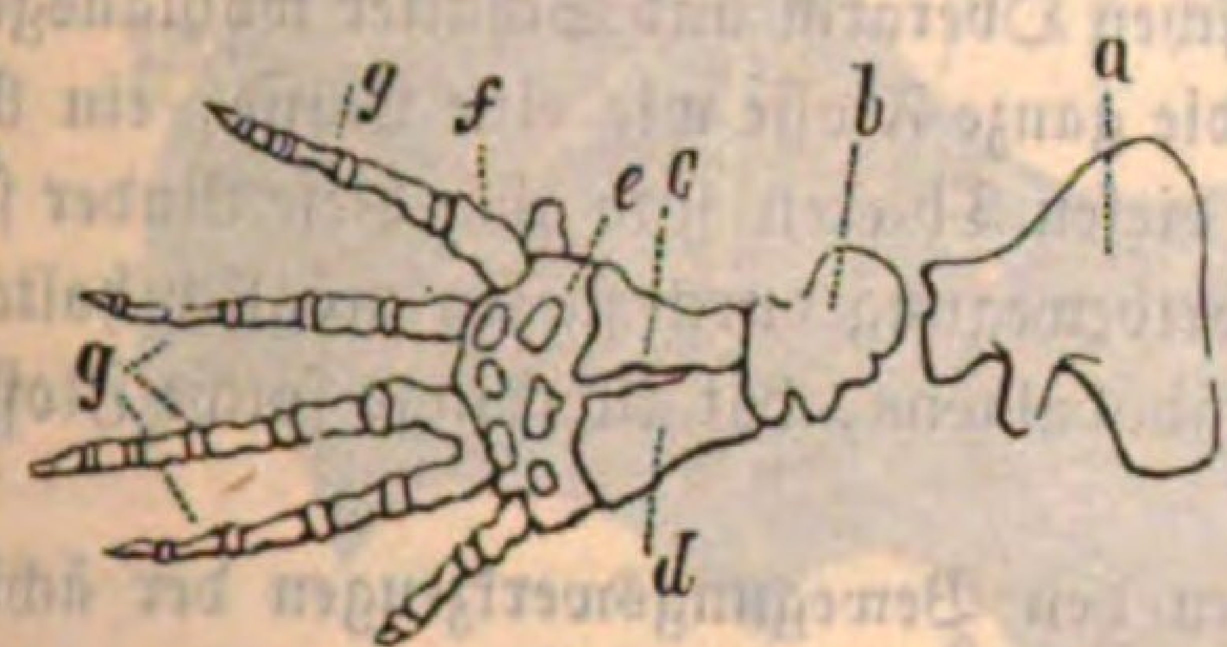
Einige Formen von Extremitäten der Säugethiere sind so abweichend, daß wir sie ganz besonders erwähnen müssen. Es sind dies namentlich die vorderen Extremitäten der Cetaceen und Fledermäuse. Auch die Beine der Faulthiere verdienen wohl, wegen ihrer Eigen-

Fig. 222.



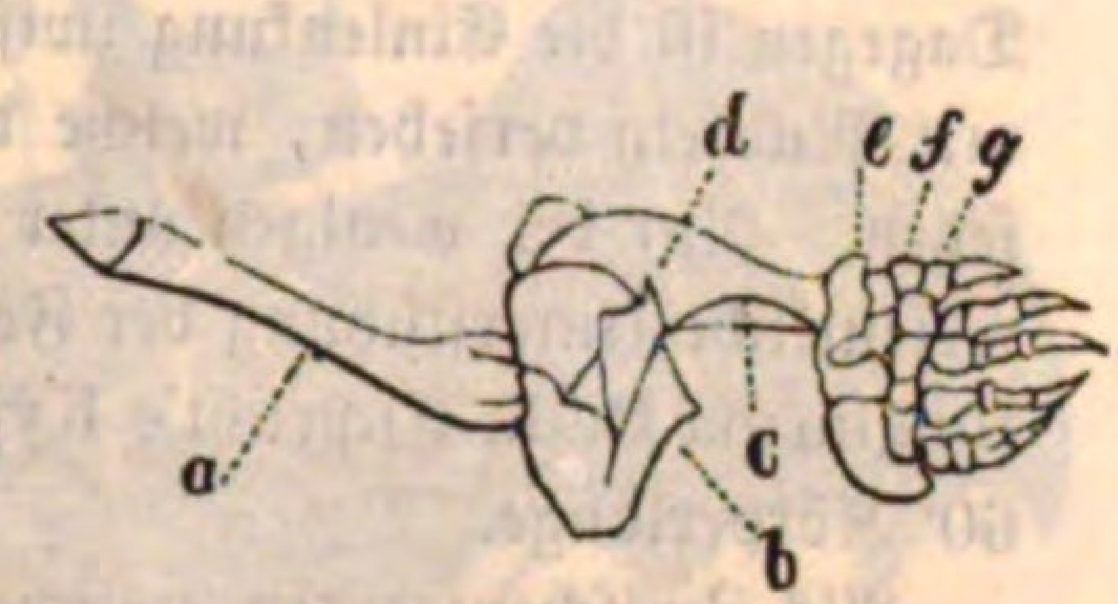
Arm der Fledermaus,

Fig. 223.



des Walfisches,

Fig. 224.



des Maulwurfs.

thümlichkeit einer kurzen Erwähnung. Dieselben sind vortrefflich für das Klettern eingerichtet, während sie auf ebenem Boden nur eine beschwerliche Bewegung erlauben. Die Vorderextremität ist sehr lang, sowohl Ober- als Vorderarm, und das Thier bedient sich auf ebenem Boden dieser Glieder, indem es den ganzen Vorderarm bis zum Ellenbogen auf den Boden legt. Die Hände sind lang und schmal, die Nagelglieder mit enormen Klauen bewaffnet. Befindet sich das Thier auf dem Boden, so legt es nicht die Handfläche, sondern deren äußern Rand auf, und bedient sich der Klauen nur, um hervorragende Gegenstände zu fassen und dann den Körper gegen dieselben heranzuziehen. Wo sich nichts dergleichen findet, auf ganz glattem Boden, sollen sie kaum aus der Stelle kommen, wie noch neuerlich von Schomburgk berichtet wurde. Auch die Hinterfüße sind schmal, mit ähnlichen Klauen bewaffnet, und sind durch eine eigenthümliche, für das Klettern sehr vortheilhafte Drehbarkeit fähig, beim Kriechen mit dem äußern Rande sich auf den Boden zu stützen. Im Klettern werden die Aeste der Bäume zwischen die gewaltigen Klauen und die Fußfläche genommen; hier sind die Thiere in ihrem Elemente und keineswegs so gar langsam. Bedenkt man nun die Natur des Heimathlandes dieser Thiere, die undurchdringlichen Wälder des Amazonenstromes, in welchen selbst der Jaguar, wenn er zu tief in sie eingedrungen ist, genöthigt wird, auf den Bäumen zu leben, weil sich zwischen der mächtigen Vegetation kein Boden findet, so begreift man, daß auch das Faulthier nicht, wie Buffon meinte, ein verunglücktes Produkt der Schöpfung sey, sondern ebenso wundervoll bestimmten Naturverhältnissen angepaßt ist, als irgend ein anderes Geschöpf. Sie gehören den Bäumen an, wie der Walfisch dem Wasser.

Von größerem Interesse wegen größerer Verbreitung ist die Metamorphose der vorderen Extremitäten in den Walthieren und Fledermäusen. Sehr verschieden ist aber die Wichtigkeit derselben für die Ortsbewegung in diesen beiden Abtheilungen; die Vorderextremitäten oder Flossen der Wale spielen darin nur eine ganz untergeordnete Rolle, indem die Bewegung dieser Thiere hauptsächlich durch den hintern Theil der Wirbelsäule, durch den Schwanz und die breiten Hautlappen bewirkt wird, welche am Ende desselben gleichsam eine Schwanzflosse bilden. Diese, als Theil des Schwanzes schon früher erwähnte Schwanzflosse unterscheidet sich von der Schwanzflosse der Fische theils dadurch, daß sie eine horizontale, nicht eine senkrechte, Platte bildet, theils auch durch ihren innern Bau, indem sie keine knöchernen Strahlen enthält. Wie die Cetaceen sich den Fischen in der relativ geringen Wichtigkeit der eigentlichen Extremitäten annähern, so die Fledermäuse den Vögeln darin, daß die vorderen Extremitäten das wesentliche Bewegungswerkzeug bei ihnen bilden.

Die Umbildung der Vorderfüße in Flossen geschieht bei den Walen dadurch, daß die Knochen in den einzelnen Abtheilungen: Vorderarm, Handwurzel u. s. w. sämmtlich in einer Fläche an und neben einander gereiht sind. Die Vorderarmknochen sind zwei platte unbeweglich neben einander liegende Knochen; an sie schließt sich die Handwurzel, ebenfalls zu einer Platte gebildet u. s. f. Die Finger bestehen aus einer größern Anzahl von Gliedern und sind sämmtlich fest mit einander verbunden, nicht etwa bloß durch Schwimmhäute vereinigt; die Verbindung der Abtheilungen unter einander hat die Form des Gelenkes verloren; es fehlen deßhalb auch die Muskeln für die Krümmung und Streckung derselben. Dagegen ist die Einlenkung zwischen Oberarm und Schulter wohlausgebildet, der Oberarm mit Muskeln versehen, welche die ganze Flosse wie eine Masse, ein Ruder, in Bewegung setzen. Nur bei wenigen unter diesen Thieren sind aber diese Ruder so groß, daß man eine wesentliche Unterstützung der Fortbewegung durch sie für möglich halten kann. Die Balaena longimana Rud., Eschricht's Kyphobalaena, hat allerdings solche Flossen von 15′ Länge bei 60′ Körperlänge.

Als Zwischenformen zwischen den Bewegungswerkzeugen der ächten Cetaceen und der gewöhnlichen Säugethiere haben wir die Robben und die unächten oder pflanzenfressenden Cetaceen. Die letzteren haben, wie die Walthiere, keine Hinterbeine, aber ihre Vorderfüße sind weniger flossenartig, in sich beweglicher (Fig. 225), und scheinen diese Thiere beim Weiden an den Wasserpflanzen im seichten Wasser zu unterstützen.

Fig. 225.



Dujong.

Die Phoken dagegen (Fig. 226) haben sowohl Hinter- als Vorderfüße, die letzteren geeignet, um auf festem Boden damit zu kriechen. Die ersteren sind nach hinten gerichtet, gleichsam nach außen und hinten herum gedreht, so daß der Daumen nach außen, der kleine Finger nach innen steht (Fig. 227). Uebrigens ist der sog. kleine Finger hier durchaus nicht klein; er und der Daumen sind vielmehr weit größer, als die zwischen ihnen gelegenen.

Fig. 226.



Bei den Fledermäusen sind Oberarm und Vorderarm schlank ausgebil-



vc Halswirbel.
vd Rückenwirbel.
vl Lendenwirbel.
vs Beckenwirbel.
vq Schwanz
b Becken.
ph Zehen.
mt Mittelfuß.
ta Fußwurzel.
t Unterschenkel.
f Oberschenkel.
c Rippen.
o Schulterblatt
ph Finger.
mc Mittelhand.
ca Handwurzel.
r Vorderarm.
h Oberarm.
s Verläng. Brustbein

Fig. 227.

det. An sie schließt sich eine kleine Handwurzel und von dieser aus gehen die Knochen der Mittelhand und der Finger, mit Ausnahme des Daumens, wie lange feine Strahlen auseinander, die Flughaut zwischen sich nehmend. Letztere füllt außerdem auch den Raum zwischen den hinteren und vorderen Extremitäten jederseits, sowie zwischen den beiden hinteren Extremitäten aus, so daß auch die Hinterbeine bis zu den Füßen in derselben eingehüllt sind (Fig. 228).

Fig. 228.



Fledermaus.

cl Schlüsselbein.
h Oberarm.
cu, r Vorderarm.
ca Handwurzel.
po Daumen.
mc Mittelhandknochen des zweiten Fingers.
ph Fingerglieder des Mittelfingers.
o Schulterblatt.
f Oberschenkel.
ti Unterschenkel.

Mehrere Eigenthümlichkeiten unterscheiden die vordere Extremität oder den Flügel der *Vögel* nicht bloß von den Vorderbeinen der Säugethiere überhaupt, sondern auch bedeutend von denen der Fledermäuse. Letzterer Unterschied ist wesentlich damit verbunden, daß bei den Vögeln die Ausbreitung der Lederhaut nur eine ganz untergeordnete Rolle im Fliegen übernimmt, während dieselbe bei den Fledermäusen, zwischen den Fingern und Extremitäten ausgespannt, die Fläche bildet, welche man Flugfläche nennen könnte. Diese wird bei den Vögeln durch die Federn hergestellt und es fällt damit das Bedürfniß jener langen gespreizten Finger weg. Die Zahl der Glieder im Flügel ist wie bei den Säugethieren: Ober- und Vorderarm, Handwurzel, Mittelhand und Finger (vgl. Fig. 229). Die Handknochen, mit Ausnahme der Handwurzel, sind nicht sehr beweglich unter einander, verwachsen theilweise selbst. Die Hand ist schlank, schmal, die wenigen Finger von bedeutend verschiedener Länge, so daß daraus im Ganzen etwa eine breite Säbelform entsteht, welche den wichtigen Schwungfedern zum Ansatzpunkte dient. — Diese Hand ist an die Handwurzel mit einem Gelenke angesetzt, welches nur die Bewegung von einer Seite zur andern erlaubt. Wenn die Hand des Vogels aus der Ausstreckung in die Annäherung an

Fig. 229.



Vogelskelet.

a Halswirbel; *b* Schlüsselbein; *c* Brustbein; *d* letztes Glied des Hauptfingers; *e* Mittelfuß (Lauf); *f* Unterschenkel; *g* Schwanzwirbel; *h* Beckengegend; *i* Schulterblatt; *k* Oberarm.

den Vorderarm übergehen soll, so geschieht dieß durch eine Beugung, welche nicht der der menschlichen Hand (mit der Handfläche gegen den Vorderarm) entspricht, sondern der Kleinfingerrand geht dabei voran (Ulnarflexion), es geht die Bewegung in der Ebene vor sich, in welcher die Handfläche selbst ausgebreitet ist. Diese Bewegung geschieht indessen nicht vollständig zwischen Hand und Handwurzel, sondern es nimmt auch letztere einigen Antheil daran, indem sie der Mittelhand etwas in ihren Bewegungen folgen kann, sobald gleichzeitig mit der Anlegung der Hand an den Vorderarm auch dieser gegen den Oberarm angelegt wird. Dieß beruht auf einem eigenthümlich feinen Mechanismus in der Verbindung des radius mit dem humerus. Die Gelenkfläche für den radius hat nämlich eine solche excentrische Krümmung, daß bei der Beugung des Vorderarmes der radius etwas an der ulna gegen die Handwurzel hin verschoben wird, somit gegen die Daumenseite derselben drückt und sie in der Richtung verschiebt, welche die Hand selbst nehmen muß, um sich dem Vorderarm anzulegen. Streckt sich das Ellenbogengelenk, so findet die entgegengesetzte Wirkung statt. Bedeutender noch wird aber im Augenblicke der Streckung des Vorderarmes die Streckung der Hand durch eine andere Einrichtung gefördert: von der Schulter bis zur Hand läuft ein elastisches Band hinüber, welches sich natürlich bei der Entfaltung des Ellenbogengelenkes anspannt und dann auch ziehend auf die Daumenseite der Hand wirkt. Dieß Band ist so kurz, daß es eine völlige Ausstreckung des Armes nicht gestattet. Es bleibt stets zwischen ihm, dem Ober- und Vorderarm ein dreieckiger Raum, welcher durch eine elastische Flughaut ausgefüllt ist.

Das wichtige Prinzip, welches sich uns in dieser doppelten Abhängigkeit des Handgelenkes vom Ellenbogengelenke offenbart, läßt sich so ausdrücken: daß der Schwerpunkt der Flügel möglichst nahe an den Körper gelegt werden und deßhalb die Muskelmasse möglichst nahe an der Schulter zusammengehäuft seyn sollte. Weßhalb dieß so wichtig ist, bedarf wohl kaum einer Erläuterung, da natürlich die Bewegung des Flügels im Ganzen, durch die Muskeln, welche vom Rumpfe zum Oberarme laufen, um so beschwerlicher seyn würde, je weiter hinaus der Schwerpunkt läge. Wie aber jene Einrichtungen dazu beitragen, den Schwerpunkt dem Schultergelenke anzunähern, ist auch klar genug: ein Theil der Bewegungen der Hand, statt durch Muskeln zu geschehen, welche am Vorderarme lägen, wird nun durch Muskeln bewirkt, welche am Oberarme ihren Platz finden und nur ihre Sehnen an den Vorderarm knüpfen. — Ueberhaupt aber bemerkt man am Flügel sehr ausgebildet die Einrichtung, daß alle daran befindlichen Muskelkörper so weit nach dem Körper zu liegen, als möglich, und ihre Wirkungen durch lange Sehnen auf die weiter hinaus liegenden Theile erstrecken. Dieß jedoch findet man auch schon bedeutend ausgesprochen an den Extremitäten vieler Säugethiere und ebenso an den hinteren Extremitäten der Vögel. Ueberall ist es ja für die Leichtigkeit der Bewegung eines solchen Instrumentes wichtig, daß der Schwerpunkt dem Drehpunkte (in Hüft- und Schultergelenke) recht nahe liege. Ohne Zweifel ist auch bei der Ortsbewegung durch Gehen oder Laufen, bei Säugethieren und Vögeln, ebenso wie es für den Menschen nachgewiesen ist, ein Theil der Bewegung (die Schwingung der Extremität nach vorn) immer hauptsächlich als Pendelbewegung zu betrachten, mithin in seinen Zeitverhältnissen direkt abhängig von der Entfernung zwischen Dreh- und Schwerpunkt. Diese Entfernung aber, wenn auch veränderlich durch die Krümmung und Streckung der Extremität, ist doch wesentlich mitbedingt durch die Vertheilung der Muskelmassen am Beine. — Gewisse Formen der Verkümmerung der Flügel, wie sie bei den Straußen und im höchsten Grade bei dem Kiwikiwi von Neuseeland (Apteryx australis) vorkommen, haben in ihren Einzelheiten kein besonderes physiologisches Interesse. Nur das mag erwähnt werden, daß bei diesen Thieren, mit der Verkümmerung der Flügel auch die Festigkeit des Schultergerüstes verloren geht und jener Kamm auf dem Brustbeine schwindet, welcher für die Anheftung der Hauptflugmuskeln so wichtig war. Diese Flügel dienen bei dem zweizehigen Strauße jedoch noch wenigstens zur Unterstützung der Ortsbewegung, indem er im

Laufen mit denselben schlägt. Die noch mehr verkümmerte Vorderextremität des Kasuar scheint als Waffe gebraucht zu werden.

Bei dem Gebrauche, welchen der Strauß von seinen Flügeln macht, wollen wir uns erinnern, daß auch der Schwan eine andere Art der Ortsbewegung, das Schwimmen, mit den als Segel gebrauchten Flügeln zu unterstützen weiß. — Bei einigen Vögeln wird der Flügel auch zum Ruder für das Wasser. Es gibt selbst unter den flugfähigen Tauchern solche, welche unter dem Wasser mit den Flügeln schlagen (die Familie der Alke) mit Verlust der Flugfähigkeit ist aber die Ausbildung des Flügels zu einem Ruder begleitet bei Alca impennis in den nordischen und den Pinguinen (vgl. Fig. 230) in den südlichen Gewässern.

Fig. 230.



Bei den letzteren finden sich die beiden Vorderarmbeine ganz platt (also an die Walthiere erinnernd) neben einander liegend, so daß hier Vorderarme und Hand zusammen die Gestalt eines leicht gekrümmten Säbels haben. Alca impennis soll sich dem schon sehr annähern.

Ist es dem Pinguin aber nicht gestattet, sich in die Luft zu erheben, so ist er dafür im Wasser um so mehr an seinem Platz. Im Auf- und Niedertauchen hat er eine solche Behendigkeit, daß man ihn leicht für einen Fisch hält. Und auch am Lande ist er nach Darwin (Journ. of Researches) keineswegs so gar langsam und unbehülflich. — Eine eigene Modifikation der Verwendung der Flügel zu Rudern berichtet derselbe Reisende von Anas brachyptera, deren Flügel ebenfalls zum Fliegen nicht ausreichen. Dieses Thier bewegt sich mit großer Geschwindigkeit und lautem Geräusche an der Oberfläche des Wassers, indem es bei jedem Flügelschlag die Oberfläche des Wassers stößt. Seine Eigenthümlichkeiten haben dem Thiere den Namen des „Dampfers" verschafft.

Die Hinterbeine der Vögel stehen in gewisser Hinsicht zwischen der Einrichtung der vorderen und hinteren Extremitäten der Säugethiere, während sie in anderer Beziehung ganz eigenthümlich sind; das erstere gilt hauptsächlich vom Unterschenkel, das andere vom Fuß. Die Annäherung des Unterschenkels der Vögel an den Vorderarm der Säugethiere besteht darin, daß die fibula (wie dort die ulna) regelmäßig neben der tibia sich am Oberschenkel einlenkt. Dagegen erreicht ihr unteres Ende nicht das Fußgelenk, sondern es legt sich die fibula, immer dünner werdend, an den äußern Rand der tibia und ist an derselben zuweilen in einer langen sehr geraden Linie durch kurze Sehnenmasse angeknüpft. Der Oberschenkel hat für sie einen Ausschnitt, in welchem sie bei Beugung und Streckung sich bewegt. Rotation um ihre Axe ist nicht erlaubt, während diese Bewegungsweise der weit stärkern fibia möglich ist. Es geschieht dieselbe zum Theil selbst gerade wie am Vorderarme, indem Muskeln von der fibula zur tibia gehen, bei deren Wirkung die fibula, wenn auch ein verhältnißmäßig schwacher Knochen, den festen Punkt abgibt, von welchem aus die Rotation der tibia bewirkt wird. Es ist hierdurch also eine Art der Bewegung des Fußes möglich, durch welche derselbe einigermaßen eine Hand vertritt. Eine solche Gebrauchsweise des Fußes ist besonders bei den Papageien ausgebildet, welche sich auch durch Kürze des Mittelfußes oder Laufes auszeichnen. Die Länge und Beweglichkeit des Halses und die ganze Körperform der Vögel bewirkt, daß sie die Bewegungen ihrer Hinterextremitäten sehen können, wie die Säugethiere die Bewegung der vorderen; ferner daß Schnabel und Fuß zusammen arbeiten können, wie Maul und Hand der Säugethiere.

Besonders eingerichtet finden wir die tibia bei einigen Schwimmvögeln (besonders Colymbus), indem ein derber pyramidenförmiger Fortsatz derselben vor dem Kniegelenke bedeutend in die Höhe steigt. Dem angemessen sind die Streckmuskeln des Kniees sehr stark, indem sie sich an die Pyramide anheften. Daß aber die Streckung des Kniees mit großer

Kraft geschieht, könnte möglicherweise in doppelter Art dem Schwimmen zu Gute kommen, je nach den Bewegungen des Oberschenkels, welche sich damit combiniren. Wird der Oberschenkel nach rückwärts bewegt und das Knie gleichzeitig gestreckt, so ergibt das einen Stoß nach hinten, wie ihn auch der Mensch und der Frosch im Schwimmen ausüben. Macht der Oberschenkel aber die entgegengesetzte Bewegung, nach vorn, so trägt die Streckung des Knies wieder bei, den Fuß nach vorn zu führen.

Hin und wieder, besonders deutlich bei Gallinula chloropus (Teichhuhn), soll das Kniegelenk eine federnde Beschaffenheit haben, so daß der Unterschenkel wie die Klinge eines Einschlagemessers bei einem gewissen Grade von Beugung leicht ohne Muskelwirkung entweder in Streckung oder stärkere Beugung überspringt. (Ueber einen ähnlichen Mechanismus im Fersengelenke des Storches s. weiter unten.)

An den Unterschenkel schließt sich ein meist schlanker Knochen an, welchen man als Hauptrepräsentanten des Mittelfußes zu betrachten pflegt. Gegen sein unteres Ende hin trägt er meist noch einen Nebenknochen, welcher den Mittelfußknochen des Daumens vorstellt. Der Hauptknochen soll in früher Zeit deutliche Spuren einer Zusammensetzung aus mehreren parallelen, den mehreren Zehen entsprechenden, Mittelfußknochen tragen. Ist er aber ausgebildet, so sind nur in einzelnen Fällen, wo er namentlich weniger schlank gebildet und mehr in die Breite gezogen ist, wie bei den Papageien und Pinguinen, Furchen und Löcher als Spuren einer Trennung auffallend. Diesen Knochen für den Mittelfuß zu erklären, die Fußwurzel also zu übergehen, rechtfertigt sich einigermaßen auch daraus, daß man wenigstens bei einem Vogel (Apteryx) an seinem obern Ende eine Fußwurzel findet. Nach unten zerfällt der Hauptknochen des Mittelfußes in die Gelenkrollen für die (gewöhnlich drei) Zehen, welche sich unmittelbar an ihn befestigen.

In den Zehen findet sich eine eigne, fast ganz durchgreifende Norm für die Zahl der Glieder. Der Daumen, an dem Nebenknochen befestigt, hat zwei, der innere Finger drei, der mittlere vier und der äußere fünf Glieder; die Länge der Zehen ist davon aber ebenso unabhängig, wie die Länge des Halses der Säugethiere von der Zahl seiner Wirbel. — Veränderlich im Vorkommen und sonstigen Verhältnissen ist besonders der Daumen. Sind die Füße zum Greifen eingerichtet, so pflegt der Daumen etwa ebenso tief wie die übrigen Finger angesetzt und nach hinten gerichtet zu seyn. Bei einigen (den Kletterfüßen der Papageyen und der meisten eigentlichen Klettervögel) gesellt sich ihm noch der äußere Finger bei, indem er sich ebenfalls rückwärts richtet, so daß die vier Finger paarweise zusammen stehen. Auch bei Cypselus, z. B. der Mauerschwalbe, bemerkt man eine paarige Gruppirung der Zehen. Doch sind sie hier sämmtlich nach vorn, zwei mehr links, zwei mehr rechts gewandt. Bei manchen Schwimmfüßen richtet sich der Daumen ebenfalls bedeutend nach vorn. Bei gewissen Gangfüßen ist der Daumen noch ebenso tief, als die übrigen Zehen angesetzt, während er bei anderen in die Höhe rückt, so daß er nicht, wie die übrigen Zehen, mit der ganzen Unterfläche, sondern nur mit der Spitze oder auch gar nicht den Boden berührt. Dabei kommt der Daumen auch in verkümmerter Gestalt vor, oder fehlt gänzlich (Straußvögel, dreizehige Wachteln und andere, welche nicht auf Bäume fliegen, jedoch auch bei gewissen Spechten, welche zwei Zehen nach hinten, eine nach vorn gerichtet haben). Bei dem eigentlichen Strauße sinkt die Zahl der Zehen selbst auf zwei herab. Diese Thiere sind den Einhufern unter den Säugethieren in der Einfachheit und Stärke der Extremitäten vergleichbar.

Wichtige Modificationen im Gebrauche der Füße der Vögel werden, außer den verschiedenen Bildungsweisen der Zehen, namentlich auch von verschiedenen Längenverhältnissen der übrigen Knochen begleitet und bedingt, unter welchen besonders der Mittelfuß oder Lauf bedeutende Abweichungen darbietet. Er ist kürzer und breiter besonders bei einigen Vögeln, welche die Füße auch nach Art der Hände zu gebrauchen vermögen, wie bei den Papageyen, welche man den Affen vergleichen möchte. Auch die Pinguine besitzen einen kurzen und breiten Lauf und es ist ihnen dabei eine Art der Bewegung auf den

Füßen eigen, welche an die Sohlenläufer unter den Säugethieren erinnert, indem sie den ganzen Lauf auf den Boden stützen, während sonst sehr regelmäßig der Körper des Vogels nur auf dem Theile ruht, welchen man im gemeinen Leben Fuß nennt, eigentlich aber nur den Fingern der Säugethiere zu vergleichen hat. Niemals zeigt sich auf der andern Seite bei einem Vogel die Einrichtung, daß er bloß auf dem Endgliede der Zehen ginge, wie es so viele unter den Säugethieren, namentlich Einhufer und Wiederkäuer thun.

Je länger verhältnißmäßig die Beine eines Vogels gebildet sind, um so mehr tritt es hervor, wie auch hier die Muskelmasse dem Körper möglichst nahe gelegt ist. Lange Sehnen laufen am Unterschenkel und Lauf hinab zu den Zehen und bestimmen ihre Bewegungen. Die Lage dieser Sehnen ist an den Gelenken am obern und untern Ende des Laufes durch sehr feste schräge, knorplige, zum Theil selbst regelmäßig knöcherne Brücken gesichert, welche den Sehnenapparat an den Flächen und in rinnenförmigen Vertiefungen der Knochen fest halten, so daß nur das Gleiten in der Längsrichtung möglich bleibt. Solche Apparate, wenn sie auch an Extremitäten von Säugethieren und Reptilien überall mehr oder weniger vorkommen, sind doch nirgends wichtiger und nirgends auch, dem entsprechend, vollkommener und man möchte sagen, sauberer gebildet, als an den Beinen der Vögel.

Eine Einrichtung am Vogelschenkel hat nicht wenig Bewunderung erregt, welche dazu dient, ein festes Zugreifen der Klauen um einen Gegenstand wie einen Baumzweig, ohne Anstrengung eines Muskels, durch das bloße Gewicht des sich setzenden Vogels zu bewirken. Die Sehne eines die Zehen beugenden und am Becken befestigten Muskels läuft über die Vorderfläche des Kniegelenkes, so daß eine Krümmung des Knies ohne Weiteres die Sehne spannen und die Beugung der Zehen bewirken muß. Man kann sich an frischen todten Vögeln, namentlich vortrefflich an Raubvögeln, von dieser Abhängigkeit der Zehen von der Krümmung des Knies überzeugen. Wie wichtig diese Einrichtung namentlich für Vögel seyn muß, welche auf Bäumen u. dgl. sitzend zu schlafen pflegen, leuchtet ein. — Beim Storch findet sich eine Einrichtung ganz anderer Art, aber ähnlichen Nutzens. Wenn man an einem frischen Storchbeine die Einlenkung zwischen Unterschenkel und Lauf beobachtet, und den Lauf aus der geradesten Streckung, in welcher derselbe mit dem Unterschenkel eine völlig gerade Linie bildet, in die Beugung und aus dieser wieder zurück in die Streckung führt, so bemerkt man eine bedeutende Unebenheit in der Bewegung, ähnlich wie bei gewissen Einschlagemessern: in der Streckung steht das Gelenk gleichsam ein, so daß die Beugung anfangs schwierig vor sich geht, bis ein gewisser Winkel erreicht ist, wo dann plötzlich die Bewegung ganz frei wird. Führt man den Knochen von da zurück in die Streckung, so kehrt dasselbe Hinderniß wieder, bis man der Streckung nahe ist; dann aber springt der Knochen ohne weitere Hülfe in die Stellung der völligen Streckung hinein. Wer Gelegenheit hat, die Gangbewegung des Storches zu beobachten, wird leicht diese schnellende Bewegung auch im Leben gewahr werden. Die Erklärung und der Nutzen dieser Einrichtung sind leicht zu finden. Erstere ergibt sich, besonders wenn man durch die sinnreichen Arbeiten der Gebrüder Weber über das menschliche Kniegelenk auf ähnliche Umstände aufmerksam geworden ist, sogleich aus den Formen der Gelenkflächen und den Verhältnissen der Befestigungspunkte der seitlichen Bänder des Gelenkes zu diesen Formen. Der Nutzen, welchen so langbeinige Vögel davon haben, wenn sie bei ruhigem Stehen (Schlafen im Stehen auf einem Fuße!) keiner Muskelanstrengung zur Erhaltung dieses Gelenkes in seiner Lage bedürfen, ist nicht unbeträchtlich. Es ist wichtig, daß diese Stabilität des Gelenkes gerade in dem Momente der völligen Geradestreckung stattfindet, da hier schon ein geringes Hinderniß hinreicht, um die Ausweichung zu verhindern. So gering dieses Hinderniß aber auch ist, so muß es dem Storche doch den gewöhnlichen Gang erschweren. Der Storch pflegt nur gravitätisch zu schreiten, läuft nicht. Vom schwarzen Storche erwähnt Neumann, daß er zuweilen einen ganz kurzen Lauf mache. Ob er dabei vielleicht das Fersengelenk stets gebogen hält?

Aus den Untersuchungen über das menschliche Knie ist es übrigens bekannt, daß auch in

ihm gewissermaßen ein solcher Zustand der Stabilität hergestellt werden kann, dessen Ursache dann aber nur einerseits in dem Gelenke liegt. Wenn wir auf einem Beine ruhen, das andere Bein mehr unthätig daneben auf den Boden gesetzt, so bringen wir das Knie in einen solchen Grad von Streckung, daß Ober- und Unterschenkel selbst einen, freilich sehr offenen Winkel nach vorn mit einander bilden. Dabei erhält dann der Schwerpunkt des Körpers eine solche Lage, daß er diesen Winkel zu verkleinern strebt. Da sich diesem aber die Einrichtung des Kniegelenkes widersetzt, so tritt Stabilität ein. In dem Falle des Storches ist dagegen die Ursache der Stabilität einer bestimmten Lage unmittelbar im Gelenke gelegen: nach der einen Seite die Beugung unmöglich, nach der andern erschwert.

Ich bezweifle nicht, daß man bei einiger Aufmerksamkeit noch manchfach Schnellgelenke auffinden wird. Kürzlich noch fand ich, daß auch im Ellenbogengelenke des Kalbes eine bestimmte Stellung so zu sagen ein labiles Gleichgewicht darbietet, so daß sowohl in der Richtung der Extension als der Flexion die Bewegung von dieser Stellung aus mit einer gewissen Kraft geschieht, wenn nur noch die Seitenbänder des Gelenkes vorhanden sind.

* * *

Während in dem Bewegungsapparate der Vögel uns gleichsam eine höchste Anstrengung der Natur entgegentritt, um unter schwierigen Bedingungen, mit Aufgebung alles überflüssigen Gewichtes und Benutzung manchfacher Hülfsmittel einen leichten und kräftigen Mechanismus herzustellen, während bei den Säugethieren die große Manchfaltigkeit auf verschiedenartige Zwecke berechneter Einrichtungen Bewunderung erregt, finden wir bei den Reptilien ein deutliches Herabsinken der Bewegungsfähigkeit und der dahin gehörigen Vorrichtungen. Wir können dieselbe durch eine einfache Reflexion an frühere Betrachtungen anknüpfen. Die Erhaltung der thierischen Arten setzt unter anderen überall bei dem thierischen Individuum eine richtige Abwägung seiner Bedürfnisse und Fähigkeiten voraus. Die Reptilien haben ein großes Bedürfniß nicht, welches in den höheren Wirbelthierklassen allgemein war, das Bedürfniß, sich eine gleichmäßige innere Temperatur zu erhalten. Dieses Bedürfniß wird bei jenen großentheils durch einen regen Stoffwechsel befriedigt und spiegelte sich in sofern schon in dem höher ausgebildeten Verdauungsapparate und den Respirationswerkzeugen der Säugethiere und Vögel ab. Ebenso finden wir nun seinen Ausdruck in den Bewegungswerkzeugen wieder, welche so sehr bedingend für die Erwerbung der Nahrung sind. Ein Reptil, wenn man ihm das aus dem Wärmebedürfnisse abzuleitende Nahrungsbedürfniß eines Säugethieres oder Vogels gäbe, ohne seinen Bewegungsapparat zu vervollkommnen, würde zu Grunde gehen müssen. Die Extremitäten der Reptilien sind als Gangwerkzeuge von untergeordnetem Werthe, zum Fluge in der heutigen Schöpfung nirgends ausgebildet, zum Schwimmen nur bei einigen Formen (Fröschen!) entwickelt, während andere mehr durch die Beweglichkeit der Wirbelsäule tüchtige Schwimmer sind. Zu gänzlicher Bedeutungslosigkeit sinken aber diese Instrumente herab, schwinden zum Theil äußerlich ganz, bei schlangenförmigen Eidechsen und bei Coecilia unter den nackten Reptilien, während die eigentlichen Schlangen in keinem Falle mehr als dürftige Rudimente von Füßen in Form von Häkchen (Python) aufzuweisen haben. Der Plan, nach welchem diese Extremitäten gebildet sind, ist jedoch, seinen wesentlichen Bestandtheilen nach, ganz dem ähnlich, den wir schon kennen: Schultergerüst, Becken aus ähnlichen Theilen gebildet, daran Ober- und Unterschenkel, Fußwurzel, Mittelfuß und Zehen. Die Extremitäten tragen den Leib des Thie-

Fig. 231.



Naja.

Fig. 232.



Krokodil.

res nahe der Erde, indem sie kurz gebildet und im Ellenbogen und im Kniegelenke meist stark geknickt sind. Dabei ist ihre Richtung in der Regel weit mehr nach außen, als bei den Säugethieren, so daß ihre Bewegungen nicht durch den einfachen Pendelschwung unterstützt seyn können. — Die größte Lebhaftigkeit und Behendigkeit unter den Reptilien zeigen noch die Saurier, namentlich unter dem Einflusse einer warmen Sonne. Wir sehen sie nicht nur auf ebenem Boden sich rasch, auch wohl hie und da im Springen bewegen; sie erklettern selbst Bäume und Gemäuer mit Leichtigkeit. Dennoch stehen sie, auch in den Momenten höchster Lebhaftigkeit weit hinter Säugethieren oder gar Vögeln zurück. Wie leicht ist es, unter übrigens gleichen Umständen, eine Eidechse zu haschen, im Vergleiche mit einer Maus. Niemals ein rascher und dauernder Lauf, sondern einzelne Schüsse, dann wieder Ruhe.

Indem wir also in diesen Werkzeugen eine geringere Vollkommenheit erkennen, haben sie schon ein weniger bedeutendes physiologisches Interesse, so daß wir nur einiger besonders auffallender Beschaffenheiten einzeln erwähnen wollen. — Unter den Sauriern finden wir einige ganz besonders auf das Klettern angewiesen, und es ist dieß durch verschiedene Einrichtungen ihnen erleichtert. Bei einigen, wie den Gecko's, ist es eine eigene Beschaffenheit der Haut der Fingerfläche, welche gleichsam ein Ankleben an Wänden u. dergl. möglich macht, eine Fähigkeit, welche wir unter den froschartigen Reptilien ja bekanntlich bei den Laubfröschen wiederfinden. Andere dagegen wirken mit den Fingern oder deren Klauen durch eigentliches Greifen wie die Säugethiere und Vögel. So finden wir unter ihnen auch, mit besonderer Ausbildung des Baumlebens, bei dem Chamäleon eine Richtung der Zehen, welche an die Spechte und Papageien erinnert. Es sind zwei Finger (hier die beiden äußeren) den übrigen entgegengesetzt, nach hinten gerichtet.

Fig. 233.



Bein einer Eidechse

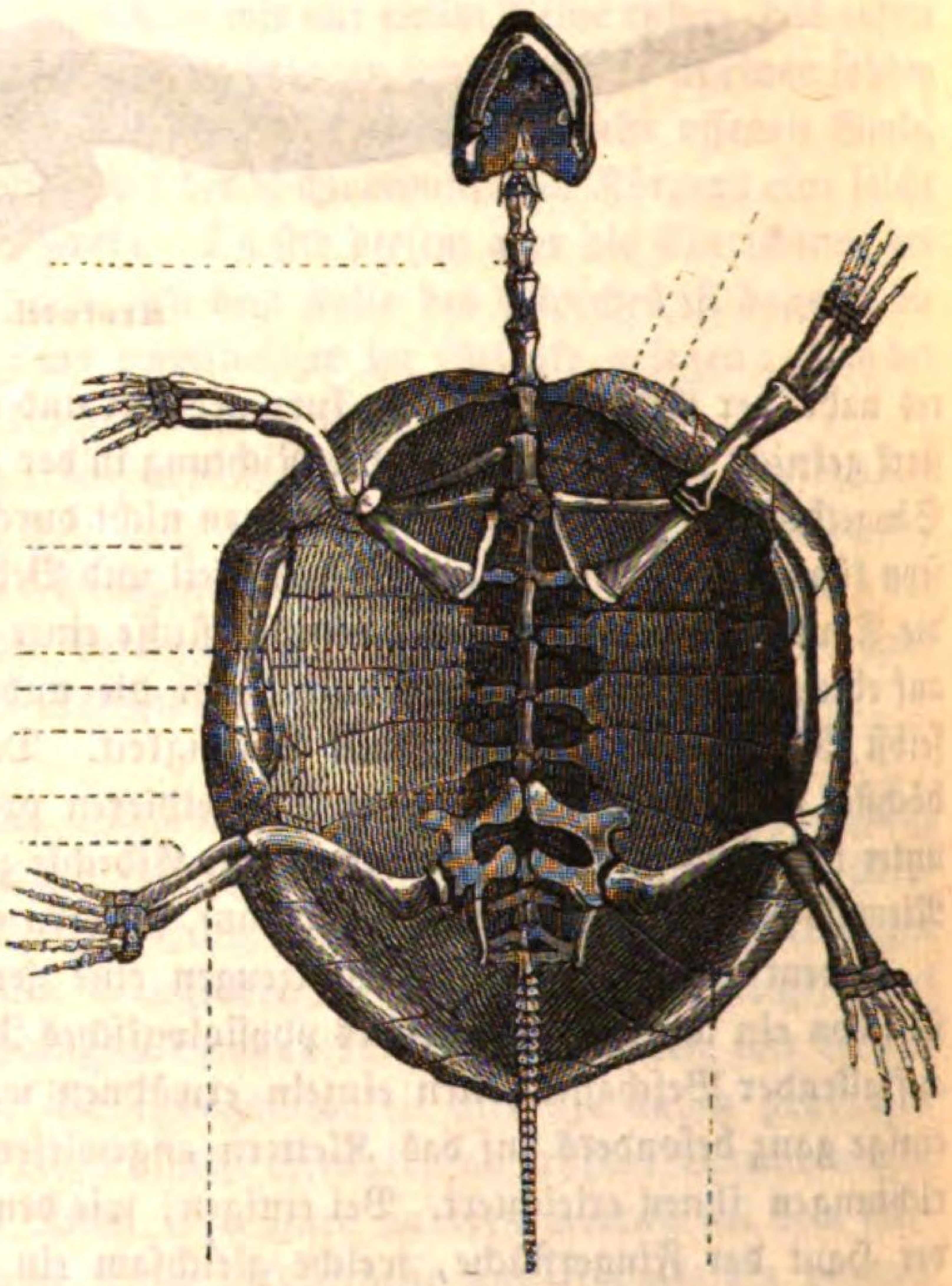
Die Zahl der Finger ist übrigens bei allen einigermaßen ausgebildeten Reptilienfüßen mindestens vier, sehr gewöhnlich selbst fünf; ein Herabsinken auf drei Zehen bemerkt man z. B. an den kümmerlichen Extremitäten des Proteus. Die Zahl der Glieder in den Zehen wächst im Allgemeinen, wie bei den Vögeln, vom Daumen bis zur vierten Zehe. Beim Krokodil sind die Zahlenverhältnisse selbst genau wie bei den Vögeln: 2, 3, 4, 5 Glieder in den vier Zehen und bei den eigentlichen Eidechsen ist dasselbe Verhältniß, welchem sich jedoch noch eine fünfte Zehe mit vier Gliedern anschließt. Indessen sind die Abweichungen von diesen Zahlenverhältnissen bei den übrigen Reptilien sehr gewöhnlich und von manchfacher Art.

Wo die Füße der Reptilien zum Schwimmen gebildet sind, da kommt auch wieder dieselbe flache, lange, leicht (säbelartig) gekrümmte Form, wie bei den Cetaceen und Pinguinen, vor. So bei den Seeschildkröten. Die Hinterfüße der Frösche dagegen, welche auch zu anderm Dienste geeignet seyn müssen, sind bloß durch die Schwimmhäute zwischen den Zehen als Schwimmfüße ausgezeichnet.

Eigenthümliche Schwierigkeiten haben die vorderen Extremitäten der Schildkröten der Vergleichung mit den übrigen bis jetzt betrachteten durch die Lage ihrer Grundglieder entgegengesetzt. Die Schulterblätter, welche sonst auf der Rückenseite des Skelettes, und zwar,

so weit sich Rippen finden, auf deren Außenfläche ihren Platz haben, liegen hier innerhalb des Brustkorbes! Das Schulterblatt ist ein ziemlich cylindrischer Knochen, dessen eines Ende über der ersten Rippe befestigt, von der zweiten sehr breiten Rippe aber überwölbt ist, während das andere Ende dieses ziemlich senkrecht absteigenden Knochens dicht über dem Bauchschilde liegt. Indem man jedoch zu der Betrachtung des ausgebildeten Thieres auch die Untersuchung der Entwicklung hinzugezogen hat, ergab sich, daß die Verschiedenheit nicht eine so tiefe und mehr sekundär, als ursprünglich sey. S. d. Kap. von der Metamorphose.

Fig. 234.

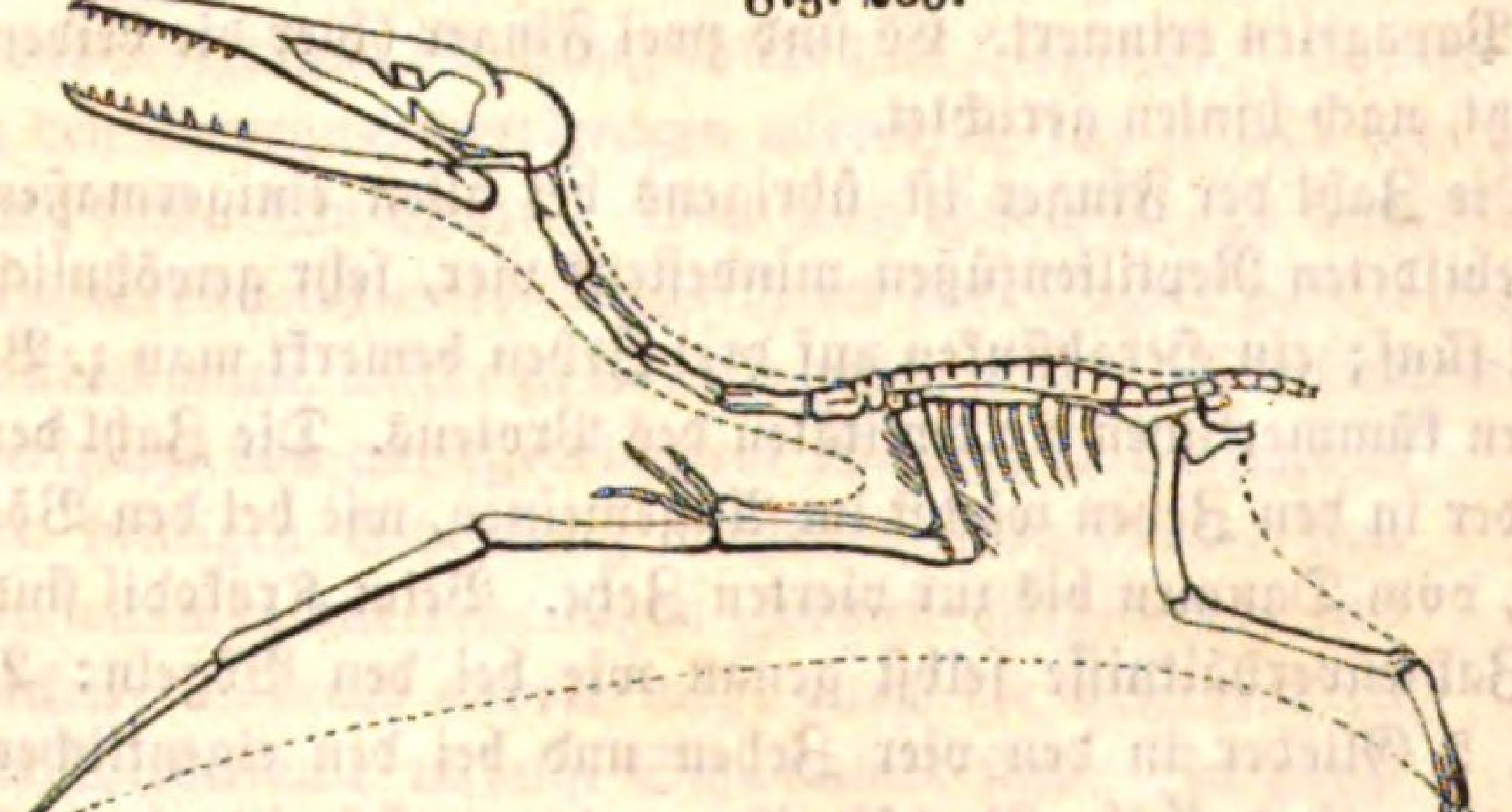


Schildkrötenskelet.

Auffallend ist an den Gliedmaßen der Schildkröten auch die eigenthümliche Drehung der Knochen und Gelenke, durch welche z. B. das Ellenbogengelenk nach vorn vorspringt.

Nur unter den urweltlichen Reptilien hat man bei einem, dem sog. Pterodactylus, eine Beschaffenheit der Vorderextremitäten gefunden, welche andeutet, daß diese Geschöpfe eine Flatterhaut besaßen (Fig. 235), welche jedoch in ihrer Entwicklung zwischen denen der Fledermäuse und Galeopitheken (s. u. über die Haut als Theil des Bewegungsapparates) stand. Sie konnte nämlich nur zwischen vorderen und hinteren Extremitäten ausgespannt seyn, da die Hand nur einen zu diesem Behufe verlängerten Finger besitzt.

Fig. 235.



Pterodactylus.

Bei den Fischen treten in dem Bewegungs-Apparate ganz neue Hülfsmittel auf, welche unter der gemeinsamen Bezeichnung der Flossen mit den eigentlichen Extremitäten zusammenzufassen sind. Die Extremitäten und namentlich die vorderen sind zwar bei den Fischen nicht bloß sehr verbreitet, sondern oft auch sehr entwickelt, so daß sie ja bei den sogenannten fliegenden Fischen selbst im Stande sind, das Thier einige Zeit in der Luft zu tragen. In manchen Fällen sind sie aber auch, z. B. bei den Aalen, sehr unbedeutend, und in einigen Formen von Muraena (z. B. den eigentlichen Muränen) und den Cyklostomen fehlen sie ganz und gar. Die Bauchflossen oder hinteren Extremitäten sind überhaupt weniger regelmäßig. Dagegen sind die seitlichen Krümmungen und Streckungen der Wirbelsäule das durchgreifende Bewegungsmittel aller Fische. Dem entsprechend ist die bei diesen Bewegungen wirksame Seitenfläche des Fisches vergrößert durch die Rückenflossen, welche

Fig. 236.

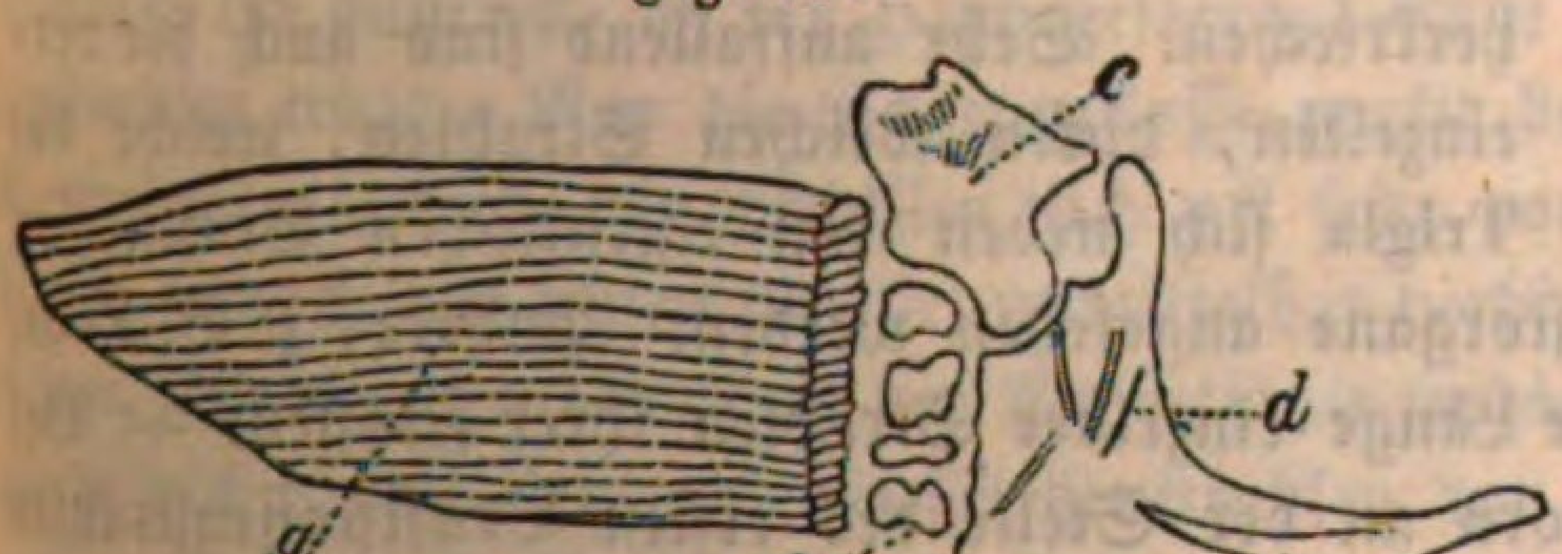


d1, d2 Zwei Rückenflossen; c Schwanzflosse; a Afterflosse; v Bauchflosse, welche hier an der sog. Brustgegend sitzt.

der obern, — die Afterflossen, welche der untern Mittellinie aufgesetzt sind, und die regelmäßigste und wichtigste von allen, die Schwanzflosse, welche eine Vergrößerung der Seitenfläche des Thieres in der Richtung nach hinten darstellt. Wir nennen diese Flossen zusammen die vertikalen, während wir die Brust- und Bauchflossen unter dem Namen der paarigen begreifen. Die Schwanzflosse ist unter allen die wichtigste, da die Bewegungen der Wirbelsäule hauptsächlich und oft wohl fast ausschließlich in dem Schwanztheile vor sich gehen. Sie wird daher nur da unwichtiger, wo die Beweglichkeit der Wirbelsäule durch den ganzen Körper bedeutend ist. So fehlt sie bei Apterichthys mit allen anderen Flossen gänzlich. Bei Ophisurus, einer andern Muränenform, fehlt sie auch, aber hier stehen noch Vertikalflossen auf und unter dem Schwanze.

In anderen Fällen ist das Flossensystem ungemein entwickelt, seine Anheftungspunkte sehr ausgedehnt, selbst bis auf den Schädel. Ungeachtet bedeutender und manchfaltiger Verschiedenheiten lassen sich die Brustflossen der Fische und die Knochen, an welchen sie befestigt sind, den Vorderextremitäten und dem Schultergerüste der übrigen Wirbelthiere im Allgemeinen mit Sicherheit vergleichen. Deutlich blickt derselbe Plan des Baues auch hier durch alle Verschiedenheiten hindurch; es gehen diese Verschiedenheiten wohl hie und da so weit, daß man Zweifel hegen kann, welchen Theil am Fische man einem bestimmten Theile eines andern Wirbelthieres vergleichen soll. Aber es betreffen diese Zweifel nur Einzelnheiten, nicht das Ganze, und es kommen die Zweifel auch nur in Beziehung auf bestimmte, nicht auf alle einzelnen Theile des Apparates zum Vorschein. Wir erkennen im Allgemeinen mit größerer Sicherheit die Theile wieder, welche einerseits der Extremität als Basis dienen: die Theile des Schultergerüstes, andererseits den äußersten Abschnitt der Hand, die Finger. Was dazwischen liegt: Ober- und Vorderarm, Handwurzel und Mittelhand, findet sich auf mehr zweideutige, rudimentäre, in Form und Verbindung sehr abweichende

Fig. 237.



Arm des Kabliau.

c Ulna; d Radius; e Handwurzel; g Finger (Flossenstrahlen).

Weise dargestellt. Das Schultergerüst liegt hier hart am Schädel und bei den Knochenfischen ist sein oberes Ende selbst sehr gewöhnlich am Hinterhaupte (bei den Rochen an der Wirbelsäule) fest angeknüpft. Die Hauptknochen desselben bilden jederseits einen Halbgürtel; in der untern Mittellinie sind sie ligamentös oder durch Naht mit einander verbunden; bei den Knorpelfischen findet sich selbst eine unmittelbare Continuität beider Halbgürtel an dieser Stelle.

An diese Gürtel sind dann jederseits durch einige Zwischenglieder die der Hand höherer Thiere entsprechenden Brustflossen eingelenkt, in welchen die Stelle der Finger meist durch zahlreiche, gegen das Ende fein auslaufende vielgliederige knöcherne Strahlen vertreten ist, welche unter sich häutig verbunden sind. Mehrfach sind einzelne von ihnen durch derbe, aus einem Stücke bestehende Stacheln ersetzt. Da dasselbe von den übrigen Flossen gilt, so werden wir es bei denselben nicht wiederholen. Die Brustflossen bewegen sich meist horizontal, während sie vertikal stehen. Beginnt die Bewegung einer Flosse, so bildet sie etwa einen rechten Winkel mit der Mittelebene des Körpers, der eine Rand, welcher die Spitzen der Strahlen enthält, ist nach außen gerichtet, die beiden anderen nach oben und unten. Ist

die Bewegung vollendet, so sieht der erstgenannte Rand rückwärts und die erst rückwärts gerichtete Fläche liegt nach innen der Seite des Thieres an.

Bei den Plagiostomen dagegen liegen die Brustflossen horizontal und bilden namentlich bei den Rochen gleichsam einen horizontalen Saum um einen Theil des Thieres, indem sie an dessen Seiten in einer ausgedehnten Strecke befestigt sind und selbst wohl nach vorn mit einer Kopfflosse sich verbinden. Diese Art der Flossenbildung trägt sehr wesentlich dazu bei, dem Körper der Rochen jene flache Gestalt zu geben, welche bei den elektrischen Rochen noch mehr, besonders nach vorn, in's Breite geht, indem bei ihnen zwischen dem Vordertheile des Körpers und dem Vordertheile der Brustflossen noch das elektrische Organ sich einschiebt und so die Flächenausdehnung des Körpers vergrößert.

Fig. 238.



Roche.

Als bemerkenswerthe Besonderheiten in der Bildung der Flossen verdient die Vereinfachung derselben zu einem einzigen vielgliedrigen Strahle erwähnt zu werden, welche nach verschiedenen Beschreibungen bei Lepidosiren paradoxa (vgl. Fig. 239) sich finden soll. Bei Lophius, dessen unförmliche Gestalt für die Schwimmbewegungen nicht sehr passend erscheint, sind die Knochen, welche die Brustflossen tragen, besonders armartig gebildet, und diese Fische, namentlich die Chironectes, vermögen mittelst derselben auf Sandbänken und dergleichen zu kriechen. Da zugleich ihre Kiemen durch die Enge der Kiemenspalten sehr vor dem Austrocknen bewahrt sind, so können diese Thiere tagelang auf dem Lande umherkriechen. Sehr auffallend sind auch die vereinzelten, dicken weichen Strahlen, welche bei Trigla sich neben den eigentlichen Brustflossen finden und mit guten Gründen für Tastorgane angesehen werden. Andere, z. B. Zeus, sind bemerkenswerth durch die ungemeine Länge einzelner Strahlen ihrer Flossen. — Bei einigen Fischen, welche einen starken Dorn an der Stelle des ersten Brustflossenstrahles besitzen, ist dieser auf eine eigene Weise eingelenkt, so daß er in einer bestimmten abstehenden Richtung auch ohne Muskelwirkung bedeutend Widerstand leistet. Aehnliches kommt auch bei ähnlichen Dornen anderer Flossen vor. Der Stichling ist durch diese, nach Bedürfniß abstehenden oder anliegenden Stacheln bekannt. — Die Bauchflossen sind an einem einfachen Knochengerüste befestigt, welches man wohl als Beckenrudiment bezeichnet hat. Wir wollen diese paarigen Knochen einfach die Grundglieder nennen. Sie liegen im Fleische an der Bauchseite des Thieres. Sonderbarer Weise sind diese Flossen durchaus nicht so constant in ihrer Stellung am Thiere, als die hinteren Extremitäten der übrigen und die vorderen Extremitäten aller Wirbelthiere. Die Bauchflossen der Fische weichen von einer Stellung in der Nähe des Afters, welche sie in der That häufig inne haben, mehrfach bedeutend ab und zwar immer nach vorn hin, so daß sie dicht hinter den Brustflossen, ja sogar vor denselben (Kehlflossen) zu stehen kommen können. In diesen Fällen verbinden sich ihre Grundglieder oft mit denen der Brustflossen, d. h. mit dem Schultergürtel.

Fig. 239.



Lepidosiren.

Ebenso ausgezeichnet, wie durch die Wandelbarkeit ihrer Anheftungsstelle, sind die Bauchflossen auch durch die Einfachheit ihrer Zusammensetzung. Das Grundglied ist in bei weitem den meisten Fällen nur ein einziger Knochen, an welchem sich dann die Flossenstrahlen ohne Weiteres ansetzen. Mag man also in jenen Grundgliedern einen Theil des Beckens, oder, wie Andere wollten, einen Knochen der eigentlichen Extremität sehen, der Vergleich der Bauchflossen mit den hinteren Extremitäten behält immer bedeutende Lücken.

Als eine sehr eigenthümliche Ausbildung der Bauchflossen ist die Verwachsung derselben zu einer Scheibe bei den Cyclopterus zu nennen, welche sich mittelst derselben anheften, wie es die verwandten Echeneïs durch den merkwürdigen (aus einer umgeformten Rückenflosse entstandenen) Haftapparat thun, mit welchem ihr Scheitel bewaffnet ist.

Die Insertionslinien der Vertikalflossen sind: die obere Mittellinie des Körpers, sein hinteres Ende und die untere Mittellinie des Schwanzes; wir unterscheiden danach: Rückenflossen, Schwanz- und Afterflossen. Die Ausdehnung, in welcher namentlich die unteren und oberen Flossen vorkommen, die Festigkeit ihrer Strahlen und deren Länge bieten große Verschiedenheiten dar. Die Rückenflosse ist bald über den ganzen Rücken gleichsam ausgedehnt, bald in einzelnen, von einander getrennten oder nur schwach zusammenhängenden Partheien gebildet, bald auf ganz kleine Andeutungen reducirt u. s. w.

Die Strahlen der Flossen stehen meist auf eigenthümlichen Flossenträgern, Knochen, welche zwischen den Muskeln beider Seitenhälften des Körpers stecken, sich zwischen die

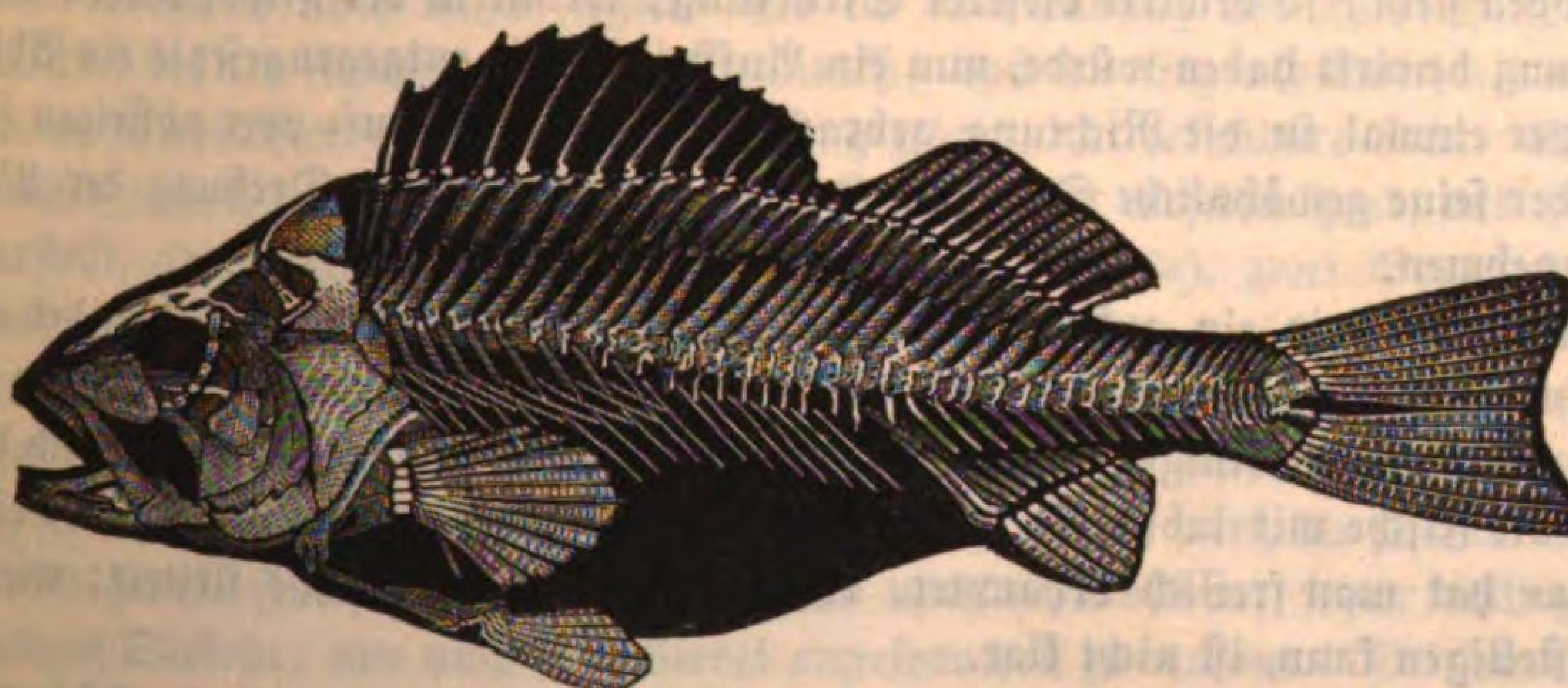


Fig. 240.

oberen und unteren Dornfortsätze hineinsenken, gegen die Wirbelsäule hin spitz auslaufen, während ihr äußeres, an der Haut gelegenes Ende die Gelenkflächen für die einzelnen Flossenstrahlen trägt. Nur die Schwanzflosse macht bei den meisten jetzt lebenden Fischen eine Ausnahme, indem ihre Strahlen sich oft sehr vorherrschend mit dem zu einer vertikalen Platte entwickelten letzten Wirbel unmittelbar verbinden. Bei den Plakoiden und Ganoiden Agass. soll dagegen das Ende der Wirbelsäule in die Höhe gebogen seyn, so daß ihre untere Seite nach hinten sieht und die Flossenstrahlen der Schwanzflosse hier hauptsächlich an der untern Seite dieser Wirbel sich befestigen. Bei den Fischen der Vorwelt, welche in größerem Maaße jenen Abtheilungen angehören, war eben darum dieß Verhältniß verbreiteter, als gegenwärtig. Sonderbarer Weise soll aber noch jetzt im embryonalen Zustande gewisser Fische, welche später das gewöhnliche Verhalten zeigen, zu einer Zeit eine Aufwärtsbiegung der chorda dorsalis auftreten, durch welche dann die Flosse auch mehr an den untern Rand, als an das hintere Ende der Chorda zu stehen käme.

Die Vertikalflossen sind, in Beziehung auf ihre Wirkung, zunächst anzusehen als Vergrößerungen der Seitenfläche des Fisches; diese Seitenfläche wird im Schwimmen so zur Wirkung gegen das Wasser gebracht, daß sie bald nach rechts und hinten, bald nach links und hinten oder auch gleichzeitig (bei schlängelnder Bewegung) hier nach rechts und hinten, dort nach links und hinten wirkt, so daß der Fisch, wenn die Wirkungen nach rechts und links gleich stark sind, gerade vorwärts getrieben wird. Wenn eine schlängelnde Bewegung durch den Körper des Fisches läuft, so ist das so viel, als daß eine Reihe von theils links, theils rechts und rückwärts gewandten Flächen sich an ihm von vorne nach hinten bewegen.

Ueberwiegt die Wirkung nach einer Seite, so wird dadurch das Vorderende des Thieres nach derselben Seite herumgeworfen. Die paarigen Flossen werden auch für die gerade Fortbewegung benutzt, sind aber für diese im Ganzen weniger wichtig. Ein wesentlicher Nutzen derselben besteht vielleicht darin, daß sie in schräger Stellung, d. h. so, daß ihre Flächen

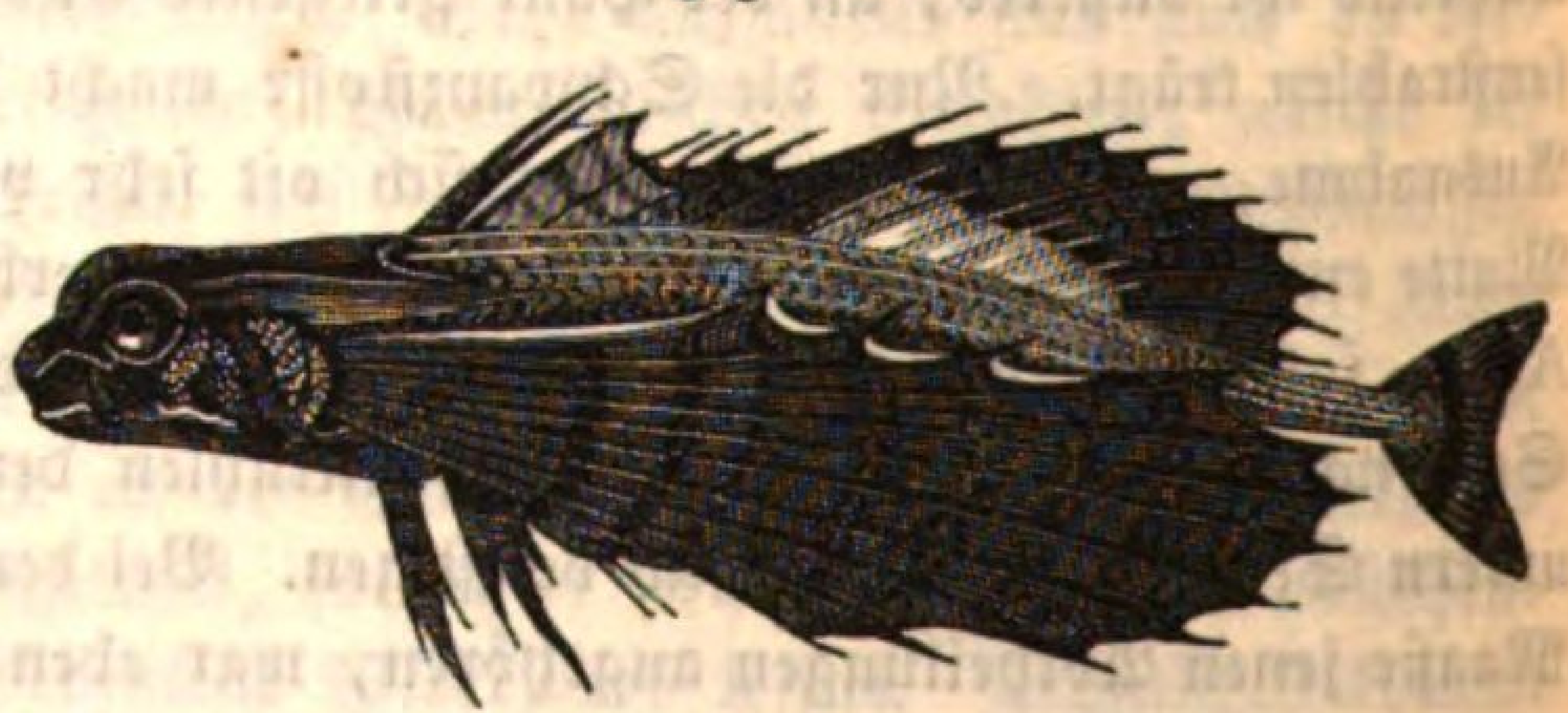
nicht bloß senkrecht oder horizontal stehen, sondern zwischen diesen beiden Stellungen die Mitte halten, die Auf- und Abwärtsbewegung des Fisches hervorbringen. Erhält ein Fisch durch den Schwanz den Stoß nach vorne, so bewegt er sich dabei nach abwärts, wenn die Brustflossen eine Fläche nach vorn und aufwärts richten, nach aufwärts, wenn die nach vorn gekehrte Fläche der paarigen Flossen zugleich abwärts sieht. Mit einer solchen Funktion dieser Flossen wäre es wohl in Verbindung zu bringen, daß sie bei schlangenförmigen Fischen, wie den Muränen, unbedeutend entwickelt seyn, oder ganz fehlen können. Es ist nämlich offenbar eine solche Funktion um so nöthiger, je weniger die Wirbelsäule im Ganzen einer Biegung nach auf- oder abwärts fähig ist. Diese ist bei den meisten Fischen sehr beschränkt, wird aber um so mehr möglich, je bedeutender die Längendimension des Thieres im Verhältniß zu seinem senkrechten Durchmesser ist. — Indessen wird doch auch bei diesen Fischen das Auf- und Absteigen im Wasser vielleicht noch auf andere Weise bewirkt, so nämlich, daß das Thier sich auf die Seite legt. Wenn ein Fisch sich so wendet, daß z. B. seine rechte Seite nach oben sieht, so bewirkt dieselbe Steuerung, welche in der gewöhnlichen Lage eine Rechtswendung bewirkt haben würde, nun ein Aufsteigen, die entgegengesetzte ein Absteigen. Ist der Körper einmal in die Richtung gebracht, in welcher er auf- oder absteigen soll, so kann er wieder seine gewöhnliche Stellung (durch eine abermalige Drehung der Längsaxe um 90^{0}) einnehmen.

Indessen werden wir ein anderes wichtiges Mittel für die Hervorbringung der ab- und aufsteigenden Richtung des Fischkörpers noch später in der Schwimmblase kennen lernen.

Die Bewegungsweise einiger Fische auf dem festen Lande, wohin sich bekanntlich der Aal wagt, sowie die Fische mit labyrinthförmigen Schlundknochen, ist wohl eine sehr einfache. Vom Anabas hat man freilich behauptet, daß er selbst auf Gesträuche klettere; wie er das aber bewerkstelligen kann, ist nicht klar.

Auch das Fliegen einiger Fische, wie der Erocöten (Fig. 241) u. a., ist etwas sehr Unvollkommenes. Sie sollen sich nicht durch Flattern erheben, sondern nur durch den Stoß, mit welchem sie aus dem Wasser kommen und dann ihre großen Brustflossen nur zur Steuerung während dieser Bewegung gebrauchen. Sie scheinen ihren Flug durch die Stellung dieser Flossen dirigiren, aber nicht ihn durch Bewegung derselben fördern zu können.

Fig. 241.



Wenn wir nun an die bisher erläuterten Theile des Skelettes endlich noch die Betrachtung des

Schädels

anzuschließen haben, so können wir dabei noch weniger in das Einzelne eingehen, als das bisher möglich war. Der Zustand der Wissenschaft macht die an sich sehr schwierige Vergleichung des Schädels durch die Reihe der Wirbelthiere noch dazu auch unsicher in manchen Punkten. Dadurch wird es gerechtfertigt seyn, wenn wir hier mehr die Gegenden des Schädels in Beziehung auf allgemeine Form, Festigkeit oder Beweglichkeit und Funktion überhaupt vorüberführen, als in eine Untersuchung über die einzelnen Knochen des Schädels eingehen. Gewisser merkwürdiger Abweichungen wegen, welche besonders zwischen dem Kiefergerüste der Säugethiere und denen der übrigen Wirbelthiere hervortreten, ist es jedoch nöthig, die Lage der vergleichenden Anatomie des Schädels kurz zu bezeichnen. — Die Vergleichung des Schädels geschieht, wie bei anderen Theilen des Thieres, und besonders des Bewegungsapparates, nach zwei Richtungen hin: wir versuchen den Schädel mit anderen Theilen des Skelettes und die Theile des Schädels unter einander zu vergleichen; das

geschieht möglicherweise an einem und demselben Thiere, ebenso wie wir die verschiedenen Wirbel, wie wir die vorderen und hinteren Extremitäten eines und desselben Thieres unter einander zu vergleichen haben. Es kann auch mit großem Nutzen zwischen den verschiedenen Theilen verschiedener Thiere geschehen. Ich erinnere an die obige Vergleichung zwischen dem Vorderarme der Säugethiere und dem Unterschenkel der Vögel. — Die zweite nöthige Vergleichung findet dann zwischen den gleichen Theilen verschiedener Thiere Statt, also zwischen Schädel und Schädel. Die Untersuchung über die Vergleichbarkeit des Schädels mit anderen Theilen des Skelettes führt nun allerdings zu dem Resultate, daß gewisse Theile des Schädels sehr wohl mit Wirbeln verglichen werden können. Wir wissen, daß die Chorda dorsalis, wie sie durch die Wirbelkörper läuft, mit ihrem vordern Ende auch in der Basis des Schädels enthalten ist, so daß die Theile der Basis, welche die Chorda umschließen, schon in sofern Wirbelkörpern ähnlich sind. Dazu kommen dann manche, hier mehr, dort weniger ausgezeichnete Aehnlichkeiten, besonders in der Hinterhauptsgegend in's Auge fallend, welche uns diesen Vergleich noch näher legen. So die Verbindung des Hinterhauptes mit dem ersten Wirbel bei den Fischen und die Erkenntniß, daß die Eigenthümlichkeiten, welche sich bei anderen Wirbelthieren in dieser Verbindung zeigen, nur sekundäre sind. Wir können in der Knochengruppe, welche, bei den höheren Wirbelthieren verschmelzend, das Hinterhauptsbein darstellt, einen Centraltheil (pars basilaris ossis occipitis), zwei Bogenschenkel (partes laterales) und ein oberes Stück (pars squamosa) unterscheiden, welches letztere dem unpaaren Knochenkerne entspricht, welchen wir häufig auf den Dornfortsätzen der Wirbel finden. Wir sehen ferner schon unter den Theilen des Skelettes, welche Niemand ansteht, Wirbel zu nennen, so bedeutende Verschiedenheiten, daß Niemand sagen darf, die Schädelabtheilungen, welche eine gerade Fortsetzung der Wirbelsäule nach vorn bilden, seyen doch zu unähnlich den übrigen Wirbeln, um auch für Wirbel angesprochen zu werden. Bei jenen Wirbeln ist es die Allmäligkeit der Uebergänge, welche die Statthaftigkeit des Vergleiches meist außer Zweifel stellt. Von der Wirbelsäule zum Schädel ist der Uebergang freilich bei weitem schroffer. Aber dennoch haben wir, was wichtiger ist als die unmittelbare Aehnlichkeit der Form, die Aehnlichkeit des Lagenverhältnisses: über dem Darmrohre, den Centraltheil des Nervensystemes umschließend, erscheint der Schädel als Fortsetzung der Wirbelsäule.

Leichter wird man zugeben, daß man von Thier zu Thier Schädel und Schädel vergleichen kann, so daß ich dafür keine weiteren Gründe anführen will. Beide Vergleichungsweisen haben aber dennoch, so sicher man bis zu einem gewissen Grade in denselben fortschreitet, endlich in Verwirrung geführt. Es ist klar, daß die Ausführbarkeit dieser Vergleichungen gewissen Bedingungen unterliegt. Die Vergleichbarkeit der Theile des Schädels mit Wirbeln wird alsbald zweifelhafter, wenn wir vom Hinterhaupte weiter nach vorn schreiten; die Vergleichung des Schädels verschiedener Thiere zeigt Schwierigkeiten, welche auf eine wahre Verschiedenheit des entwickelten Gebäudes deuten.

Die Entwicklungsgeschichte des Schädels hat nun in neuerer Zeit einen wichtigen Grund für die bedeutendsten Verschiedenheiten der Schädel verschiedener Thiere aufgefunden und zugleich dargethan, daß wirklich die Vergleichung der Theile des Schädels mit Wirbeln, wenn sie im Hinterschädel in vollem Rechte ist, nach vorn zweifelhaft werden muß und daß eine Menge von Schädelknochen von diesem Vergleiche entschieden ausgeschlossen werden müssen.

Wir haben gesehen, wie an der Wirbelsäule die chorda dorsalis in einem Wechselverhältnisse mit der Grundlage der eigentlichen Wirbel steht. Jene ist gleichsam ein Vorläufer der Wirbelkörper, vergeht mehr und mehr, wie diese sich ausbilden. Diese, erst knorplig, gehen dann in Verknöcherung über. Aehnliches wiederholt sich auch im Schädel und namentlich im Hinterhaupte genau so. Aber in einem bedeutenden Theile des Schädels vieler Thiere scheint die Metamorphose noch weiter zu gehen: es bilden sich zwar Knorpel, knorpligen

Wirbeltheilen theilweise entsprechend, werden aber von einer neuen Folge von Knochen, welche sich von Außen an sie heran bilden, verdeckt, oft allmälig ganz verdrängt, während nur ein Theil von ihnen verknöchert. So hätten wir also, abgesehen von den ganz knorpligen Schädeln bei Knorpelfischen, überall in der Zusammensetzung des Schädels Elemente zweier Perioden; die der ältern Periode entweder knorplig oder knöchern, die der zweiten stets knöchern. Bei vielen Fischen, manchen Reptilien und den Embryonen höherer Thiere findet man die der ersten Bildung angehörigen Theile, so weit sie nicht selbst verknöchern, als knorplige Schädelkapsel innerhalb der secundären Knochenablagerungen. Sind diese, allerdings noch streitigen Verhältnisse richtig, so ist begreiflich, daß von einer Vergleichung mit den Wirbeln alle Theile des Schädels entschieden ausgeschlossen bleiben müssen, welche der sekundären Bildung angehören;*) ebenso darf nicht zwischen Schädeltheilen eines Thieres, welche der primären Bildung angehören und den etwa secundären eines andern Schädels ein Vergleich erzwungen werden.

Ganz unzweifelhaft findet sich eine solche Succession verschiedenartiger Theile am Unterkiefer. Der Unterkiefer der Säugethiere gehört ganz einer sekundären Bildung an, während in den sehr verschiedenen Unterkiefern der übrigen Wirbelthiere Theile des primären Gerüstes sich mit secundären combiniren. Man müht sich also ganz vergeblich ab, wenn man ohne Hülfe der Entwicklungsgeschichte den gemeinsamen Plan auffinden will. Dieser offenbart sich nur dann zwischen den Theilen verschiedener Thiere, wenn dieselben gleicher Bildungsperiode angehören. Dieß bewirkt nun nothwendig eine Unsicherheit für alle Vergleichung solcher Theile, deren Entwicklungsgeschichte noch nicht ebenso genau bekannt ist, als die des Unterkiefers. **)

Da nun solchergestalt der Boden für die vergleichende Anatomie des Schädels zum Theil noch zu gewinnen ist, so mag die Form der folgenden Darstellung zu entschuldigen seyn.

Wir unterscheiden am Schädel zweckmäßig überall eine Kapsel, welche das Gehirn umschließt und den Gesichtstheil, welcher das Geruchs- und Geschmacksorgan in sich enthält. Die Augen liegen auf der Gränze zwischen beiden. Das Gehörwerkzeug besteht aus mehreren Theilen, von welchen die wesentlicheren entweder mit dem Gehirne in der Schädelkapsel, oder in den Wandungen derselben stecken, während die übrigen zu dem Grenzgebiete zu ziehen sind.

Die Schädelkapsel der Säugethiere und Vögel entspricht in der Weite und Form ihres

---

*) Nach neueren Beobachtungen an der Wirbelsäule von Fischen würde freilich das Obige einer Modification bedürfen (Stannius. Müll. Arch. 1849, S. 517).

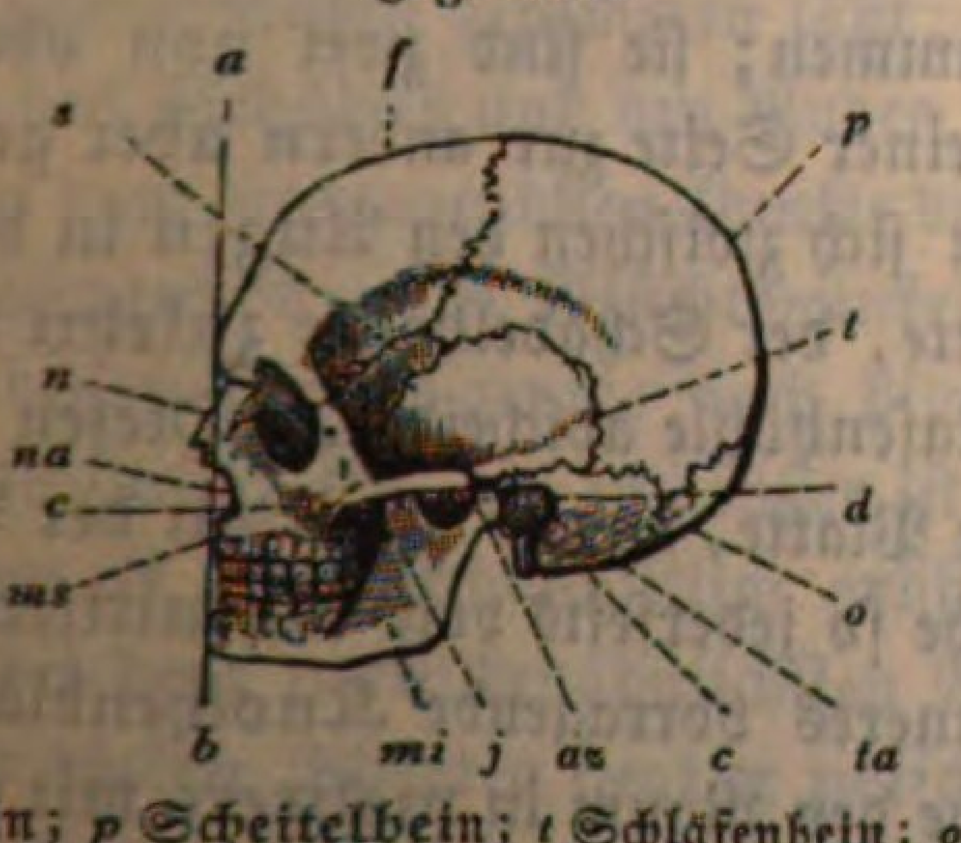
**) Die Nothwendigkeit der Anerkennung des oben ausgeführten Princips ist augenfällig. Es ist dasselbe Princip, nach welchem man an der Wirbelsäule längst erfuhr, indem man den Vergleich zwischen chorda dorsalis und Wirbelkörpern mit Recht verwarf. Dennoch wurde dieser Grundsatz verkannt. Man bemühte sich z. B. fruchtlos eine nicht existirende Harmonie des Unterkiefergerüstes der Säugethiere und anderer Wirbelthiere darzuthun. Darum machte ich vor einigen Jahren (Einige Beobachtungen und Reflexionen über die Skelettsysteme der Wirbelthiere, 1846, S. 31—43) hierauf aufmerksam. Es war dort nicht meine Absicht, neue Thatsachen anzuführen, sondern das wissenschaftlich sicher Scheinende zu überlegen und Folgerungen daraus zu ziehen. Ich habe daher keinen Anspruch als Autorität für das Thatsächliche angeführt zu werden, wie in Kölliker's „Bericht von der zoolog. Anstalt zu Würzburg" 1849, S. 40 geschieht. Dagegen scheint mir, daß die Folgerungen, welche Kölliker S. 50 als neu vorträgt, wesentlich schon von mir ausgedrückt waren. Kölliker hat unsere Kenntniß über das Faktische ausgezeichnet bereichert. Jene Folgerungen für die theoretische Betrachtung des Schädels ließen sich aber aus Wenigem auch schon gewinnen. Eigentlicher gesagt, kam es nicht einmal darauf an, neue Folgerungen zu machen, sondern nur darauf, die Anwendung längst bestehender Grundsätze für diesen besondern Fall zu verlangen; dennoch war es, bei dem eben erwähnten Verkennen der Verhältnisse, immer wohl nützlich, hierauf aufmerksam zu machen. (Auch in den Göttinger Gel. Anz., 1845, 1. Febr., hatte ich schon in Beziehung auf den Meckel'schen Knorpel das Nöthige gesagt, und füge noch jetzt hinzu, daß ich die Angelegenheit der übrigen Schädelknochen nicht für entschieden halte, mindestens nichts selbst zu entscheiden beanspruche).

innern Raumes sehr genau der Größe und Form des Gehirns. Bei den Reptilien ist schon theilweise der Raum größer als das Gehirn, und bei den Fischen füllt sehr häufig das Hirn nur einen kleinen Theil dieser Höhle, an deren Boden es sich befindet. Nicht nur daß seitliche Erweiterungen hier ein voluminöses Gehörorgan enthalten, ein bedeutender Theil der Schädelhöhle findet sich oft auch mit lockerer Fettmasse angefüllt. Diese Thatsache kann nicht auffallen, wenn man überlegt, daß die Kapsel nicht bloß für das Gehirn vorhanden ist, sondern auch nach außen hin wichtige Beziehungen hat: sie vermittelt die Verbindung des ganzen Kopfes mit der Wirbelsäule und dient den Theilen des Gesichts zur Anheftung. Sie muß also eine gewisse Ausdehnung haben, um den verschiedenen Knochen und Muskeln schickliche Anheftungspunkte darzubieten. Die Schädelkapsel ist manchfach, besonders bei den höheren Wirbelthieren ganz knöchern, bei Reptilien und Fischen enthält sie aber oft mehr oder weniger Knorpeltheile, und bei den Knorpelfischen ist sie aus demselben Knorpel gebildet, welcher auch in ihrem übrigen Skelette vorkommt. Neben den knöchernen und knorpeligen Theilen der Wandung finden sich auch bloß membranöse, welche an den präparirten Schädeln leicht verloren gehen, so daß man an denselben bedeutende Oeffnungen findet, welche eigentlich nicht der natürlichen Beschaffenheit entsprechen. Eine gewisse Anzahl von Löchern und Spalten findet sich aber nothwendig in jeder Schädelkapsel, theils zum Durchgange der Arterien und Venen, theils für die Verbindung des Gehirns mit dem Rückenmarke und für den Austritt der am Gehirn entspringenden Nerven.

Die wichtigste und größte dieser Oeffnungen ist das große Hinterhauptsloch, foramen magnum s. occipitale, welches dem Kanale der Rückenwirbel gerade gegenüber steht und den Verbindungstheil zwischen Hirn und Rückenmark enthält. Dieses Loch öffnet sich am menschlichen Schädel, in seiner natürlichen Lage, ziemlich gerade nach abwärts (selbst etwas ab- und vorwärts), während es bei den Thieren mehr und mehr nach hinten sieht, so daß seine Richtung (d. h. eine auf die Ebene der Oeffnung gezogene senkrechte Linie) bei sehr vielen Thieren einen Winkel von 90° und mehr mit der Richtung beim Menschen bildet. (Die für einen solchen Vergleich nöthige Orientirung des Schädels wird dadurch hervorgebracht, daß man denselben in die Lage bringt, in welcher die Zahnränder des Oberkiefers horizontal liegen.)

Die Grundfläche der Schädelhöhle des Menschen steigt vor dem Hinterhauptsloche erst ziemlich stark an. In ihrem vordern Theile, über den Augen bis an die Basis der Stirne, ist sie mehr horizontal. Ueberall ist aber diese Grundfläche sehr uneben, enthält Vertiefungen, in welche sich Vorsprünge des Gehirns einlegen und ist außerdem von Oeffnungen unterbrochen, welche den eben erwähnten Zwecken dienen. Von der Grundfläche aus erhebt sich nach allen Seiten die Schädelwandung und steigt zur Scheitelfläche auf. Vorne ist diese Erhebung am kürzesten und steilsten und bildet die Stirne. Zu den Seiten und noch mehr nach hinten geschieht dagegen das Ansteigen mit einer Wölbung nach außen. Unter der

Fig. 242.



f Stirnbein; *p* Scheitelbein; *t* Schläfenbein; *o* Hinterhauptsbein; *ta* Oeffnung des Gehörganges; *c* Gegend des Hinterhauptsloches; *az* Jochbogen; *j* Jochbein; *mi* Unterkiefer; *ms* Oberkiefer; *na* Nasenöffnung; *n* Nasenbein; *s* Großer Keilbeinflügel; *ab* und *cd* Linien, welche den Gesichtswinkel (s. u.) einschließen.

Fig. 243.



Grundfläche des Schädels, und besonders unter dem vordern Theile derselben, befestigt sich das Skelet des Gesichtes, welches aus einem unbeweglichen Theile, dem Oberkiefergerüste, und einem beweglichen Unterkiefer besteht. Das Oberkiefergerüste enthält theils in sich, theils zwischen sich und dem Schädel mehrere Höhlen. Durch letztere wird die Anheftung des Oberkiefergerüstes auf mehrere einzelne Stützpunkte reducirt. Die beiden Nasenhöhlen nehmen den mittlern Raum ein und sind von einander durch eine theils knöcherne, theils knorpelige Scheidewand getrennt. Diese stützt sich nach oben und hinten gegen die Schädelbasis, nach abwärts gegen das Gaumengewölbe, nach vorn und oben gegen die Nasenbeine. Der untere Theil des vordern und des hintern Randes ist frei, den Oeffnungen entsprechend, durch welche die Luft vorn in die Nasenhöhle und hinten aus derselben in den Schlund tritt. Die Nasenhöhle wird zu beiden Seiten und nach unten umschlossen durch eine Gruppe von Knochen, welche wir als Oberkiefergerüst bezeichnen. In der Ansicht von vorn bemerken wir, wie sich dasselbe jederseits zwiefach an die Schädelbasis stützt, nach innen und nach außen von der Augenhöhle. Nach innen von derselben sind es die beiden eigentlich sogenannten Oberkieferbeine, welche sich, zu beiden Seiten der Nasenbeine aufsteigend, gegen das Stirnbein anlegen. Nach außen von der Augenhöhle bildet jederseits der Backenknochen die Stütze, indem er sich nach oben mit dem Seitentheile des Stirnbeins verbindet. Die Augenhöhle ist somit nach oben vom Stirnbeine, nach innen vom Oberkiefer, nach außen vom Backenknochen begrenzt. Unter derselben schließen sich Oberkiefer und Backenknochen an einander und bilden so einen Boden für dieselbe. Zur Vervollständigung der menschlichen Augenhöhle tragen aber im tiefern Theile derselben noch mehrere Knochen bei. Gegen die Nase hin namentlich das Thränenbein und Siebbein, nach außen und hinten das Flügelbein, welches die Augenhöhle von der Schläfengrube gänzlich abscheidet. Ein drittes Paar von Stützen des Oberkiefergerüstes erscheint vollständig in der Seitenansicht des Schädels. Es ist der Jochbogen, horizontal vom Backenknochen zum Schläfenbeine verlaufend und aus Fortsätzen gebildet, welche von diesen beiden Knochen aus einander entgegen kommen.

Die beiden Oberkieferknochen bilden zusammen nach unten den hufeisenförmigen Rand, in welchem die oberen Zähne befestigt sind. Nur der vorderste Theil dieses Randes, welcher die vier Schneidezähne enthält, besteht eigentlich aus einem besondern kleinen Knochenpaare, den Zwischenkieferknochen, welche aber im menschlichen Schädel so frühzeitig, jeder mit dem Oberkiefer seiner Seite, verwachsen, daß sie nur wegen der Vergleichung mit anderen Thieren einer besondern Erwähnung verdienen.

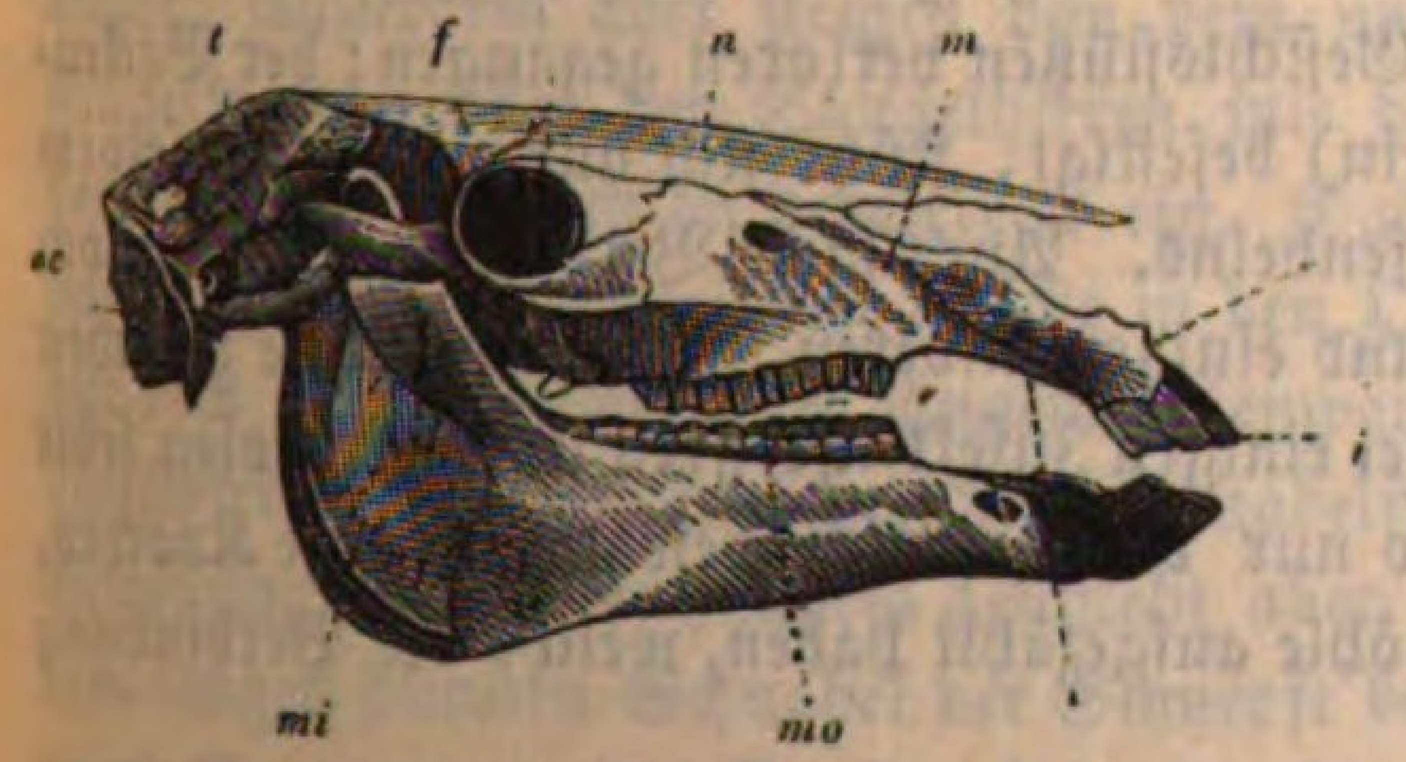
Zwischen den beiderseitigen Zahnreihen des Oberkiefers ist die Mundhöhle von der Nasenhöhle durch horizontale Knochenplatten getrennt, welche theils den Oberkieferbeinen angehören, theils, mehr nach hinten zu, von den Gaumenbeinen gebildet werden. Letztere tragen auch durch aufsteigende Platten zur Bildung des hintern Theiles der Seitenwand der Nasenhöhle bei. An sie schließen sich in dieser Hinsicht noch die von der Schädelbasis herabsteigenden Fortsätze des Keilbeines, Flügelfortsätze.

Fassen wir die Begrenzung der Nasenhöhlen zusammen; sie sind zwei von oben nach unten, sowie von hinten nach vorn ausgedehnte, von einer Seite zur andern aber geringern Durchmesser bietende Höhlen; der obere Theil befindet sich zwischen den Augen in dem sog. Siebbeine, welches eine durchlöcherte Platte, Siebplatte, der Schädelhöhle zukehrt und mit zwei dünnen Seitenplatten die Augenhöhlen von der Nasenhöhle abscheidet. Diesen Seitenplatten parallel enthält das Siebbein noch eine mittlere Platte, welche Theil an der Bildung der Nasenscheidewand nimmt. Die beiden Höhlen, welche so jederseits von der mittlern Platte im Siebbein enthalten sind, besitzen mehrere in ihr Inneres vorragende Knochenblätter von complicirter Gestalt, concha superior und media, welche den Raum in mehrere mit einander jedoch zusammenhängende Abtheilungen scheiden. — Aus diesen Höhlen führen Oeffnungen nach oben und vorn in die sinus frontales, Höhlen in dem mittlern untern Theile des Stirnbeins; andere Oeffnungen communiciren mit Höhlen, welche in der Basis des Schädels

unmittelbar hinter dem Siebbeine, nämlich im Keilbeine, enthalten sind. Nach unten steht die Höhle des Siebbeins offen gegen den untern Theil der Nasenhöhle, welcher nach außen vom Oberkiefer, Gaumenbein und den Flügelfortsätzen des Keilbeins, nach unten von den horizontalen Platten des Oberkiefer- und Gaumenbeines geschlossen ist. Von jeder Seite springt in diesen untern Nasenraum die concha infima vor, ein gewundenes, an der Außenwand und zwar am Oberkiefer befestigtes Knochenblatt. Oberhalb dieser Concha führt eine Oeffnung in eine bedeutende Höhle des Oberkiefers, so daß es also Anhangshöhlen der Nasenhöhle im Stirnbein, Keilbein und Oberkiefer gibt. Außerdem hat endlich noch die Nasenhöhle einen kanalförmigen Zusammenhang mit der Augenhöhle, welcher am innern Augenwinkel im Thränenbeine beginnt, in der Seitenwand der Nasenhöhle herabsteigend am andern Ende der concha infima ausmündet und zur Ableitung der Thränenflüssigkeit in die Nase dient. — Der Unterkiefer ist jederseits am Schläfenbein eingelenkt und wird ursprünglich aus zwei symmetrischen Theilen gebildet, welche aber bei dem menschlichen Skelete früh verschmelzen. Derselbe besteht aus einem Zahntheil, dessen Krümmung der Krümmung der Zahnreihe der Oberkiefer entspricht, gegen welche ja die Unterkieferzähne wirken müssen. Vom hintern Ende des Zahntheiles steigt der Gelenktheil schräg aufwärts. Auf dem vordern Rande desselben erhebt sich der sogenannte Kronfortsatz, welcher aufwärts gerichtet in die Schläfengrube ragt und den Hauptbeißmuskeln (Schläfenmuskeln) zum Ansatze dient, deren anderes befestigtes Ende eine bedeutende Fläche an der Seite des Schädels, hauptsächlich die Schläfe, zur Anheftung hat.

Die Abweichung von dieser menschlichen Form des Schädels, welche die Thiere theils mehr, theils weniger von der menschlichen Physiognomie entfernt, besteht nun hauptsächlich darin, daß die das Gesicht bildenden Theile sich mehr und mehr nach vorn strecken, während die Stirn gleichsam sich zurücklegt und solchergestalt ohne Unterschied in die Scheitelfläche übergeht. Indem zugleich auch am Unterkiefer die Fläche unterhalb der Schneidezähne, welche am menschlichen Kiefer nach vorn gewandt ist, bei den Thieren verloren geht oder sich abwärts wendet, ist kein Theil des Gesichtes mehr so wie beim Menschen gerade nach vorn gekehrt, sondern nach vorn und oben; wenigstens gilt dieß dann, wenn man von der gesenkten Haltung des Kopfes absieht und denselben in einer Lage betrachtet, in welcher eine über die Zahnränder gelegte Ebene horizontal ist.

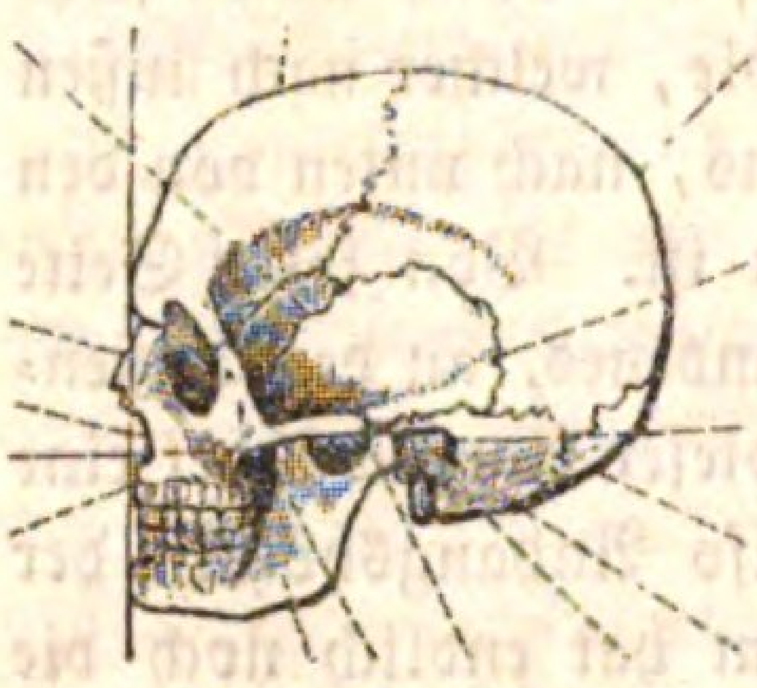
Fig. 244.



oc Hinterhauptsbein; t Schläfenbein; f Stirnbein; n Nasenbein; m Oberkiefer; i Zwischenkiefer; mo Backenzähne; mi Unterkiefer.

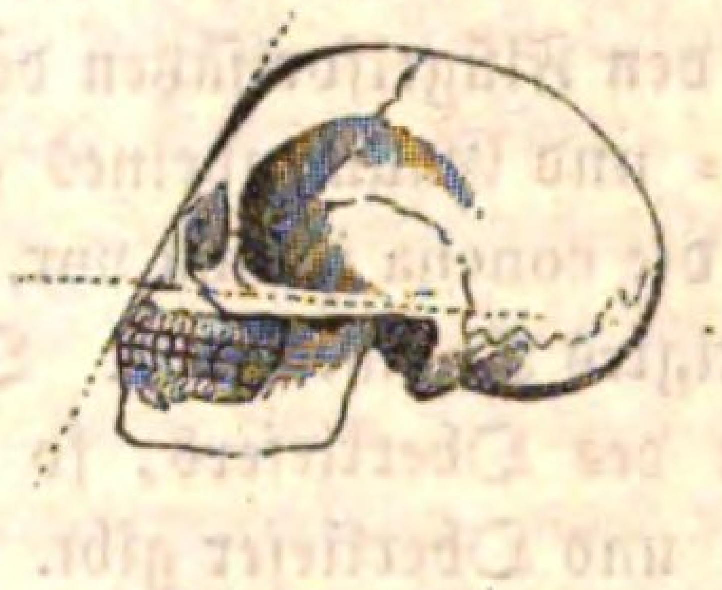
Diese Verhältnisse werden durch den Camper'schen Gesichtswinkel veranschaulicht, welcher sich folgendermaßen bestimmen läßt: man legt eine Ebene durch die Gehöröffnungen beider Seiten des Schädels und den Boden der Nasenhöhle und zieht dann durch diese Ebene eine Linie an dem vorragendsten Punkte der Stirn im Profile bis zum vordersten Punkte des Oberkieferzahnrandes. Der Gesichtswinkel ist nun der Winkel, welchen diese Linie oberhalb der beschriebenen Fläche gerade nach hinten mit dieser Fläche bildet. Je edler die menschliche Gesichtsbildung ist, um so größer ist im Allgemeinen dieser Winkel. Bei dem kaukasischen Menschen ist er durchschnittlich groß (85°), bei dem Neger besonders klein (70°), kleiner wieder bei dem menschenähnlichsten Affen, z. B. beim erwachsenen Hylobates leuciscus 60°. Bei sehr vielen Thieren liegt er zwischen 20° und 40°. Mit dieser bedeutenden Veränderung des Profiles des Schädels, an welchem zugleich, wie schon oben bemerkt, das Hinterhauptsloch sich mehr und mehr nach hinten, statt nach unten wendet, verbindet sich auch eine Abweichung der Richtung und Bildung der Augenhöhlen. Bei den Affen sind dieselben noch wie die des Menschen nach vorn gerichtet und von der Schläfengrube durch eine Knochen-

Fig. 245.



Europäerschädel.

Fig. 246.



Negerschädel.

Fig. 247.



Makakoschädel.

wand getrennt. Bei den meisten übrigen Thieren aber kehren die Augenhöhlen ihre Oeffnung mehr zur Seite und bei manchen, namentlich vielen Fischen, so sehr, daß die beiden Augen in völlig entgegengesetzten Richtungen sehen. Die Trennung der Augenhöhle der Säugthiere von ihrer Schläfengrube wird unvollständiger in verschiedenen Graden. Auf der ersten Stufe finden wir noch einen vollständig knöchernen Rand der Augenhöhle, indem das Stirnbein und der Backenknochen durch knöcherne Fortsätze sich vereinigen. Die Platte des Keilbeins aber, welche sich zur völligen Abschließung der Augenhöhle an diese Knochenbrücken legen mußte, hat sich zurückgezogen. So ist es bei den Pferden, Wiederkäuern u. s. w. Auf der zweiten Stufe geht auch die Vollständigkeit des Randes verloren. Darin finden sich dann noch bedeutende Abstufungen, indem viele Thiere noch Fortsätze an Stirn- und Backenknochen besitzen, welche einander gegenüber stehen und durch eine sehnige Brücke verbunden sind. Bei vielen anderen aber, und so namentlich bei manchen Nagethieren, ist die Augenhöhle mit der Schläfengrube ohne merkliche Gränze zusammengeflossen. Somit ist bei sehr vielen Säugethieren das eine Paar der Gesichtsstützen verloren gegangen; der Backenknochen, vorn am Oberkiefer (und Thränenbein) befestigt, stützt sich nur noch mit seinem hintern Ende gegen den Jochfortsatz des Schläfenbeins. Auch diese Verbindung fällt jedoch in mehreren Fällen weg, bei den Faulthieren und einigen anderen, indem eine Lücke zwischen den Jochfortsätzen der beiden Knochen bleibt. Bei einigen Insektenfressern und Zahnlosen fehlt auch der Backenknochen ganz. Dann ist es also nur die Nasenscheidewand und die Knochen, welche wir als seitliche Begränzung der Nasenhöhle aufgezählt haben, welche die Verbindung des Gesichtes mit der Schädelkapsel bewirken.

Mit der Verschiebung der Gesichtstheile im Ganzen, mit der Verlängerung der Schnauze ist auch in der Regel eine Verlängerung der Nasenhöhle verbunden, so daß ein großer Theil derselben vor den Augen liegt, während die innere Nasenöffnung nahe über dem Eingange in den Rachen sich befindet. Jedoch ist das nicht ohne Ausnahme mit einander verbunden. Die Cetaceen namentlich haben eine gestreckte Schnauze, deren vorderer Theil ganz solide aus Knochen (Oberkiefer, Zwischenkiefer, Nasenscheidewand) gebildet ist. Weit rückwärts von der Schnauzenspitze treten die Nasenlöcher in diese Knochenmasse hinein. Die Nasenhöhlen steigen darum hier ziemlich gerade abwärts von ihrer äußern zur innern oder Schlundöffnung.

Wo die Nase in einen Rüssel verlängert ist, kommt hie und da (Schwein, Maulwurf) ein eigener, an der Nasenscheidewand befestigter Knochen in diesem Rüssel vor. Er dient offenbar dazu, dieses Organ zum Wühlen geschickt zu machen, kommt dabei aber auch als feste Hinterlage für die Rüsselspitze als Tastorgan in Betracht. Beim Maulwurf soll er durch vier Muskelpaare beweglich sein. Ganz eigenthümlich sind bei dem maulwurfsartigen Rhinaster bewegliche Knorpel um den Naseneingang gestellt, von welchen man angenommen hat, daß sie zum Greifen, sowie auch zur Beseitigung von Erde beim Wühlen dienen.

Bei einigen Säugethieren (Seehunden) dehnen sich die Augenhöhlen gleichsam auf Kosten des zwischen ihnen liegenden Theiles des Geruchsorganes und der Schädelhöhle aus, so daß das Siebbein theils zusammengedrückt erscheint, theils auch aus seiner gewöhnlichen Lage ver-

drängt wird. Die Augenhöhlen stoßen dann in ihrem Hintergrunde theilweise an einander, oder sind doch nur durch ein dünnes Knorpel- oder Knochenblatt geschieden. Dies ergibt eine Anknüpfung der Verhältnisse, welche besonders dem Vogelschädel eigenthümlich sind. Bei diesen nämlich ist die Schädelkapsel von dem das Geruchsorgan einschließenden Gesichtstheile durch die großen Augenhöhlen förmlich abgeschieden. Die beiden Augenhöhlen sind von einander nur durch eine meist unvollständige Knochenplatte getrennt und theilweise durch die Stirnbeine gedeckt. An diese setzt sich nach vorn die Gesichtsportion oder der Oberschnabel an. Die Verbindung desselben mit den Stirnbeinen pflegt aber entweder elastisch oder selbst gelenkartig zu sein, so daß der Oberschnabel der Vögel beweglich ist.

Zur Regulirung dieser Bewegung dienen die Gaumen- und Flügelbeine nebst dem Quadratknochen.

Der letztere Knochen, der bei den Säugethieren in der Construction des ausgebildeten Schädels gar nicht zu erwähnen war, spielt am Schädel der übrigen Wirbelthiere eine wichtige Rolle. Er findet sich in der Schläfengegend eingelenkt oder angewachsen. Bei den Vögeln ist er ohne Ausnahme beweglich. Er bildet die Vermittlung des Schädels mit dem Unterkiefer, welche bei diesen Thieren stets mit einer Hohlfläche zur Einlenkung versehen ist. Mit dem Quadratbeine verbindet sich auch, wo es vorhanden ist (bei den Vögeln stets), der Jochbogen. Dieser ist bei den Vögeln eine schlanke Knochenleiste, welche den unteren Rand der Augenhöhle und den hinteren Theil des Oberschnabelrandes bildet. Er besteht aus einem sog. Quadratjochbein, welches sich unmittelbar am Quadratknochen befestigt, dem eigentlichen Jochbein und einem Fortsatze des Oberkiefers; so bildet er eine Verbindung des Quadratbeins mit dem Oberschnabel, welcher letzteren von den Bewegungen des ersteren abhängig macht. Außerdem aber steigen von dem unteren Rande der Augenscheidewand die beiden Flügelknochen (bei den Säugethieren mit dem Keilbeine verwachsend) zum Quadratbeine herab und lenken sich an demselben ein. Das vordere Ende dieser Flügelknochen verbindet sich mit den Gaumenbeinen, welche in den Oberkiefer übergehen, und da diese Knochenkette mit dem untern Rande der Augenhöhlenwand auch nur beweglich verbunden ist, so kann Vorschieben und Zurückziehen der Schnabelspitze auch durch diese Knochen geschehen. Die Bewegung des Oberschnabels geschieht aber auch nicht bei allen Vögeln im Ganzen. Bei dem langen dünnen Schnabel der Schnepfe bemerke ich, daß sich die Spitze des Oberschnabels durch Bewegungen des Quadratbeines auf- und abwärts krümmen läßt, was durch eine Verschiebung der den Oberschnabel bildenden Knochen an einander geschehen muß.

Große Manchfaltigkeit und wunderbare Extreme der Bildung treffen wir unter den Reptilien und Fischen. Unter den ersten haben die eigentlichen Schlangen die Beweglichkeit des Oberkiefers im höchsten Maße, worüber schon bei Gelegenheit der Nahrungsaufnahme die Rede war. Die Quadratbeine haben hier eine längliche Form und sind am Schläfenbeine durch einen oft sehr lang ausgezogenen Knochenstiel eingelenkt. So kann die Einlenkungsstelle des Unterkiefers weit von der gewöhnlichen Stelle entfernt liegen und es wird hierdurch das weite Maul dieser Thiere möglich; es wird möglich, daß der Mundwinkel bedeutend weiter nach hinten liegt, als der hinterste Theil der Schädelkapsel. Auch die Knochenkette, welche vom Quadratbeine nach vorn durch Flügel- und Gaumenbein gebildet ist, verbindet sich nur sehr locker mit dem Schädel.

Auch unter den Sauriern ist noch einige Beweglichkeit des Oberkiefergerüstes verbreitet. Bei den Krokodilen aber, sowie bei den Schildkröten, fehlt sie gänzlich.

Eigenthümlich an den Schädeln mancher Reptilien sind gewisse Ueberbrückungen des Schädels oder seines hintern Theiles. Bei manchen Schildkröten namentlich geht ein großes Knochengewölbe ganz über den Schädel hin, zwischen sich und der obern Schädelwand die Schläfengruben einschließend und in der Mittellinie auf einen vom Schädel sich erhebenden Knochenkamm gestützt.

Auf die erstaunliche Manchfaltigkeit des Schädels der Fische haben wir wenig Grund,

näher einzugehen, da uns die Beziehungen der verschiedenen Einrichtungen zu der Lebensweise dieser Thiere allzu dunkel sind.

Man erkennt allerdings auch hier im Allgemeinen denselben Plan wieder, wie bei den höheren Thieren und nur bei den niedrigsten Knorpelfischen erscheinen die Einrichtungen so eigenthümlich, daß man kaum mehr weiß, wie sie mit dem sonst bei den Wirbelthieren erkennbaren Plane zu reimen sind.

Bei den Knochenfischen ist allgemein der Gesichtstheil, das Kiefer- und Gaumengerüste nach hinten mit dem Schläfentheile des Schädels durch ein bewegliches Knochengerüst verbunden, welches also eine ähnliche Rolle übernimmt, wie das Quadratbein.

Vorn sind die Zwischen-, oft auch die Oberkiefer und der Gaumenbogen mit der nach vorn in einen Balken ausgezogenen Schädelbasis verbunden. Die Festigkeit dieser Verbindungen, die relative Größe und Richtung dieser Theile wechselt aber auf das Vielfältigste. Namentlich ist der Oberkiefer häufig ein ganz unbedeutendes Anhängsel des Zwischenkiefers, ohne Zähne und um so beweglicher, als auch die Jochbeinverbindung fehlt.

Sehr beweglich ist auch der Kiefer-Apparat mancher Knorpelfische: der Oberkiefer durch einen, der Unterkiefer durch einen andern Knorpelbogen dargestellt und beide an ihren hinteren Enden mit einem Stiel oder einer Stütze verbunden, welche an ihrem andern Ende sich gegen den Schädel stützt.

Manche Knochen finden sich an dem Schädel der Knochenfische, namentlich dem Gesichtstheile, welche wohl kaum bestimmten Schädelknochen anderer Wirbelthiere zu vergleichen sind und wahrscheinlich als eigenthümliche, der Haut angehörige Verknöcherungen betrachtet werden müssen. Außerdem sind noch besonders zu nennen die Knochen des Kiemendeckels und die Kiemenhautstrahlen,*) welche die Kiemenhöhle von Außen schützen, durch ihre Bewegungen dieselbe öffnen und schließen und mit dem Kiefergerüste verbunden sind.

Zwischen diesen Apparaten findet sich dann das Zungenbein, die oben beschriebenen Kiemenbögen und hinter diesen die sogenannten unteren Schlundknochen. Letztere haben zuweilen (so bei den Karpfen) eine Zahnbewaffnung und wirken mittelst derselben gegen eine harte Platte in der obern Wand des Schlundes, welche an der Schädelbasis befestigt ist. Es ist dies ein bemerkenswerther Zug in der Einrichtung dieser Thiere, indem man nicht mit Unrecht bemerkt hat, daß das Pflanzenfutter dieser Thiere gekaut werden muß, wenn es aber schon im Maule gekaut werden sollte, die Respiration hindern, die Kiemen verstopfen würde.

Wir haben in dem Voranstehenden eine Entwicklungsweise des Skelets kennen gelernt, die nicht bloß allen Wirbelthieren gemeinsam ist, sondern diesen Geschöpfen auch ausschließlich zukommt. Wenn auch hier und da bei den niederen Thieren die Anordnung des Skelets in einiger Beziehung an gewisse Bildungen des Wirbelthierskeletes erinnert, wenn z. B., wie schon oben angedeutet wurde, die Gliederung des Skeletes bei den Arthropoden mit der Wirbelbildung bei den Vertebraten eine Aehnlichkeit zeigt, wenn in denselben beiden Abtheilungen der Bau der Extremitäten in einiger Beziehung übereinstimmt — die Analogie beschränkt sich doch überall nur auf die äußere Erscheinung, nicht auf die typische Anlage. Nur die Gleichartigkeit der mechanischen Bestimmung ist es, die darin sich ausspricht.

Fassen wir die Skeletsysteme der wirbellosen Thiere zusammen, ohne die typischen Verschiedenheiten derselben näher zu berücksichtigen, vergleichen wir sie so im Ganzen mit dem Skelet der Wirbelthiere, so stellt sich darin eine große Verschiedenheit heraus, daß wir bei den ersteren fast ausschließlich ein äußeres Skelet antreffen. Es ist gewöhnlich die Haut dieser Thiere, die in größerem und geringerem Umfang erhärtet und eine feste Hülle um den Körper bildet. Man spricht allerdings auch bei manchen niederen Thieren von einem

*) In morphologischer Beziehung muß auch der sog. Kiemendeckel-Apparat (mit Ausschluß des praeoperculum) als ein modificirter, durch Quergliederung zerfallener Kiemenhautstrahl angesehen werden, wie ich an einem andern Orte näher begründen will. L.

innern Skelet, doch in den meisten Fällen bezeichnet man damit bloße überdeckte, nach Innen vorragende und dort eingeschlossene Theile des Hautskelets.

Nur eine einzige Gruppe der wirbellosen Thiere, die der Cephalopoden, macht hiervon eine Ausnahme. Bei diesen sehen wir ein wirkliches, selbstständiges, inneres Skelet, das in ähnlicher Weise, wie das innere Skelet der Wirbelthiere, theils zum Einhüllen des centralen Nervensystems bestimmt ist, theils auch verschiedenen Muskeln einen festen Insertionspunkt bietet. Doch weiter geht auch hier die Analogie nicht. Es ist vergeblich, was man wohl versucht hat, diese Theile auf bestimmte entsprechende Bildungen des Wirbelthierskelets zurückzuführen.

Die Hauptmasse dieses Skelets bildet eine Art Schädel, eine knorplige Kapsel im Umkreis des Gehirnes, das im Kopfe gelegen ist und von dem Oesophagus der Länge nach durchsetzt wird. Im Wesentlichen ist dieser Schädel indessen nichts Anderes, als eine Verknorpelung der äußern fibrösen Umhüllungshaut des Hirnes, die auch bei den anderen wirbellosen Thieren vorkommt, aber (vielleicht noch mit Ausnahme einiger großen Seeschnecken aus dem Gen. Tritonium) überall sonst membranös bleibt. Daher erklärt sich denn auch die große Verschiedenheit in der Entwicklung des knorpeligen Schädels bei den Cephalopoden, die namentlich bei einigen kleineren Arten nur eine sehr unbedeutende ist. Die Form dieses Schädels ist eine becherförmige. Es sind vornehmlich die hinteren Partien der häutigen Umhüllung des Gehirns, in welchen jene Verknorpelung auftritt.

Die übrigen Theile des innern Skelets der Cephalopoden sind noch weit weniger constant. Wo sie vorkommen, beschränken sie sich auf einzelne isolirte Knorpelstücke, die in die Muskelsubstanz des Körpers eingesprengt sind und namentlich im Nacken, an den Seiten des sog. Trichters, an der Basis der Flossen angetroffen werden.

Es ist nicht ohne Interesse, zu sehen, daß hier, bei dem innern Skelet der Cephalopoden, eine Gewebsform vorkommt, die bei den Wirbelthieren allerdings ganz allgemein — wenn auch gewöhnlich in weiter verändertem Zustand, als Knochen — zum Skeletbau verwandt ist, sonst aber bei den Wirbellosen eben so allgemein fehlt und von anderen wechselnden Substanzen vertreten ist. Es ist sehr augenscheinlich, wie diese Verschiedenheit damit zusammenhängt, daß die Evertebraten das innere Skelet mit einem äußern vertauscht haben.

Die Frage nach der Nothwendigkeit eines solchen äußern Skeletes für gewisse Lebensformen führt nun auf ein bis jetzt noch sehr dunkles Gebiet unserer zoologischen Forschung. Es handelt sich dabei um nichts Geringeres, als den Nachweis von der mechanischen Nothwendigkeit der verschiedenen morphologischen Typen in der gesammten Thierwelt. Nur Weniges können wir bis jetzt hierüber anführen, und auch dieses Wenige ist vielleicht nur ungenügend. Die Wirksamkeit eines Skeletes richtet sich (abgesehen von der physikal. Beschaffenheit desselben u. s. w.) zum großen Theil, wie die Tragkraft einer Säule, nach dem Querschnitt. Denken wir uns denselben immer mehr verkleinert, so kommen wir schließlich an eine Grenze, wo das Skelet aufhört, für die locomotiven Zwecke brauchbar zu seyn. Es ist dieselbe Grenze, die wir durch fortgesetzte Verkleinerung auch bei der stützenden Säule erreichen, über die wir nicht hinausgehen dürfen, wenn die Tragkraft nicht der eigenen Last schon erliegen soll.

Wenden wir diesen Satz auf die Wirbelthiere an, die einen innern soliden Skeletstamm (die Wirbelsäule) besitzen, so gewinnen wir die Ueberzeugung, daß sich diese Geschöpfe nicht bis in's Unendliche verkleinern konnten. Die Grenze, welche der physiologischen Brauchbarkeit ihres Skeletes ein Ziel setzt, ist auch die Kleinheitsgrenze ihres Körpers.

Aber diese Kleinheitsgrenze des Wirbelthieres konnte noch lange nicht die Kleinheitsgrenze der Thiere überhaupt seyn. Es würden dem thierischen Leben sonst unzählige äußere Verhältnisse und Beziehungen verloren gehen, es würde sich die thierische Schöpfung vielleicht nicht einmal in ihrer Integrität erhalten können (man denke nur daran, daß die kleineren wirbellosen Thiere die hauptsächlichste Nahrungsquelle der übrigen sind).

Sollen nun aber solche kleinere Thiere existiren, so wird dieses nur dadurch möglich,

daß das Skelet entweder aus der Reihe der einzelnen Körpertheile überhaupt ausfällt (das Thier wird dann etwa ein Wurm, eine Qualle oder dergl., je nach der Besonderheit der Lebenszwecke), oder — wenn Aufenthalt, Bewegungsart u. s. w. die Anwesenheit eines Skeletes verlangt — als ein äußeres Röhrenskelet sich um den Körper herumlegt. Da es nach der bekannten Lehre von der Resistenz der Säulen die Tragkraft einer Säule nicht beeinträchtigt wenn sie hohl ist, so wird ja ein solches Thier mit einem äußern Röhrenskelet (natürlich unter sonst gleichen Umständen) sich so weit verkleinern können, bis sein Querschnitt dem Querschnitt des innern Skelets bei dem kleinsten Wirbelthier gleichkommt.

Mit diesem einen Resultate wollen wir hier uns begnügen und die weiteren Consequenzen unserer Betrachtung für eine andere Gelegenheit versparen. Wir erkennen — und das genügt uns einstweilen — den Zusammenhang zwischen der verschiedenen Körpergröße und der Verschiedenheit der Skeletbildung bei den Thieren.

Mit dem Namen des Skelets bezeichnet man übrigens bei den niederen Thieren mancherlei differente Bildungen. In den meisten Fällen ist es die äußere Haut, die sich in eine feste Hülle umgewandelt hat und als Skelet dient. In anderen aber auch ein bloßes Secret aus gewissen Drüsen abgesondert, das nicht vollständig entfernt wird, sondern im Umkreis des Körpers erstarrt und bald allein, bald in Gemeinschaft mit allerlei fremden Theilen (Sand, Pflanzenresten u. s. w., selbst den Excrementen) eine Art Gehäuse bildet. So bei den Kopfkiemern (Fig. 20) u. a. Auf den ersten Blick scheint nun ein solches Gehäuse von einem Skelet gar sehr verschieden, und gewiß sind wir auch vollkommen berechtigt, beiderlei Bildungen morphologisch aus einander zu halten. In dem ersteren haben wir nur eine unorganisirte Masse, die mit dem Körper selbst in keinem näheren Zusammenhange steht, die ihm nur lose anhängt, wenn sie auch immerhin dem Insassen Schutz und Schirm gewähren mag, wie ein äußeres, aus einer Metamorphose der Bedeckungen gebildetes Skelet von specifischer histologischer Entwicklung.

Diese Trennung, die von einer wissenschaftlichen Auffassung gefordert wird, läßt sich aber in der Wirklichkeit kaum in ganzer Schärfe durchführen. Bei einer großen Anzahl von Thieren, bei den Mollusken, finden wir Gehäuse (Fig. 28), die, wenn sie auch bei dem ersten Blick ganz freie, von dem Thiere unabhängige Bildungen darstellen, wie die Gehäuse der oben genannten Würmer, dennoch mit dem innewohnenden Geschöpfe an einer, wenn gleich beschränkten Stelle in unmittelbarer Verbindung stehen. Diese Gehäuse halten nun wunderbarer Weise die Mitte zwischen den namhaft gemachten verschiedenen Arten der äußern Skelethülle. Sie entstehen bei der embryonalen Entwicklung als integrirende Theile des umschlossenen Thieres, aus einer Metamorphose der äußeren Bedeckungen, während ihr späteres Wachsthum ganz nach Art der Gehäusebildung bei den Würmern vor sich geht, indem ein von dem Körper geliefertes Secret sich an die erste Grundlage des Skelets ansetzt und dieses immer mehr vergrößert. Für gewöhnliche locomotorische Leistungen sind solche gehäuseartige Skeletformen unbrauchbar, zum Theil wohl deßhalb, weil ihre Bildungsweise eine Gliederung und zweckmäßige Verbindung mit Muskeln unmöglich macht. Sie sind bloße Schutzapparate, in vielen Fällen sogar Hemmnisse der freien Bewegung. Nur ein wirkliches Hautskelet kann für die Ortsbewegung verwendet werden. Der physiologische Werth des Skelets hängt — abgesehen von der speciellen Entwicklung — begreiflicher Weise zum großen Theil von der Festigkeit desselben ab.

Diese Festigkeit wird nun bei den niederen Thieren auf eine doppelte Weise erreicht. Einmal, indem die Bedeckungen verdicken und erstarren, auch nicht selten eine chemische Umwandlung erleiden. So werden die äußeren Bedeckungen der Arthropoden in einen festen Chitinpanzer verwandelt, die Körperhüllen der Tunikaten in eine wuchernde Masse von Cellulose, eine Substanz, die wir sonst bloß bei den Pflanzen anzutreffen gewohnt sind und hier mit dem Namen des Holzes bezeichnen.

Eine andere Art von Skeletbildung ist durch die Einlagerung von festen unorganischen Substanzen, meist von Kalksalzen, vermittelt, die bald mit den äußeren Bedeckungen in eine

chemische Verbindung treten, bald aber auch als selbstständige Körperchen von einer oft wunderbar regelmäßigen, sehr complicirten Gestalt (namentlich bei den Echinodermen) darin sich unterscheiden lassen. In manchen Fällen beschränkt sich solche Verkalkung übrigens nicht auf die Haut, sondern erstreckt sich auch noch auf andere anliegende Theile, namentlich auf die Muskeln, wodurch dann natürlich eine weit ausgebreitetere Skeletentwicklung möglich wird.

Eine Grenze zwischen diesen beiden Arten der Skeletbildung ist in Wirklichkeit indessen nicht vorhanden. Es ist vielmehr sehr häufig, daß sich dieselben combiniren, daß eine größere oder geringere Einlagerung von Kalksalzen in die verdickten, zu einer hornigen Masse umgewandelten äußeren Bedeckungen stattfindet.

Unter solchen Umständen ist es erklärlich, daß die Skelete der Wirbellosen in physikalischer Beschaffenheit die größte Manchfaltigkeit darbieten. Es braucht ja die auf den angedeuteten Wegen vor sich gehende Skeletbildung nur nach einem Mehr oder Minder zu differiren, um die verschiedensten Produkte zu liefern. Wir haben Skelete von der festesten Beschaffenheit bis herab zu einer weichen Hülle, steinige, hornige, knorpel- und leder-, ja gallertartige Skelete in den manchfachsten Modificationen. Es läßt sich, streng genommen, nicht einmal angeben, wo das Skelet aus der gewöhnlichen Hautbedeckung seinen Ursprung nimmt. Schon die letztere ist durch eine gewisse Festigkeit vor den übrigen Häuten ausgezeichnet — noch ein Schritt weiter, und statt ihrer ist ein Skelet vorhanden.

Man hat früherhin in der Systematik der Thiere auf die Entwicklung und die Anwesenheit des Skelets ein großes Gewicht gelegt. Jetzt aber wissen wir, daß dieser Charakter sehr trügerisch ist, daß darin oft bei ganz nahestehenden Arten die ansehnlichsten Verschiedenheiten obwalten. Finden wir auch mitunter, daß ganze größere und kleinere Gruppen von Thieren in der Anwesenheit und Beschaffenheit des Skelets übereinstimmen, so fehlt es doch auch keineswegs an entgegengesetzten Beispielen.

In unserer Kenntniß von den Lebenserscheinungen der niederen Thiere sind wir noch nicht so weit vorgerückt, daß wir schon jetzt es verständen, die Beziehungen zwischen der Skeletbildung und den anderweitigen Eigenthümlichkeiten in vollstem Maaße zu begreifen. Wir sehen allerdings wohl ein, daß ein Geschöpf, welches durch die äußere Bedeckung seine Nahrung einnimmt oder dadurch athmet, einer weichen und feuchten Haut bedarf und ohne ein vollständiges Skelet seyn muß; wir können umgekehrt auch wohl die Wichtigkeit eines Skelets für die Lebensweise (soweit diese durch Bewegung und Schutzbedürfniß bestimmt ist), für bestimmte Leistungen des einen und andern Thieres erschließen, aber das ist auch so ziemlich Alles. Es ist uns namentlich vollkommen unbekannt, wovon denn eigentlich die Verschiedenheit in der Bildung des Skelets physiologisch abhänge. Vielleicht, daß wir späterhin durch eine nähere Kenntniß von der chemischen Zusammensetzung der Nahrungsmittel und des Blutes hierüber einigen Aufschluß erhalten. Es ist wenigstens gewiß, daß die Stoffe, aus denen das Skelet besteht, durch die genossenen Nahrungsmittel (incl. Wasser) geliefert werden, denkbar, daß ein verschiedener Gehalt derselben, z. B. an Salzen, auch eine verschiedene Festigkeit des Skelets bedingen mag. Man möchte selbst vermuthen, daß viele Thierformen vor den übrigen in ihrer Organisation die Mittel besäßen, den Kalk u. s. w. (namentlich des Wassers) zu binden und nach bestimmten Umänderungen in ihren Bedeckungen und anderen Theilen zu deponiren. Auf solche Weise gewinnt die Skeletbildung der niederen Thiere selbst für die Conformation unseres Erdkörpers eine gewisse Bedeutung. Wenn wir dieselbe auch keineswegs so hoch anschlagen, wie es wohl von manchen Seiten geschehen ist, so wäre es doch auf der andern Seite Thorheit, leugnen zu wollen, daß manche Schichten unserer Erdrinde kaum aus etwas Anderem bestehen, als aus den Skeleten der verschiedensten niederen Thiere, von Geschöpfen, die zum Theil noch heute in ganz erstaunlichen Massen neben einander wohnen und leben. Viele Muschelthiere bilden weit ausgedehnte Bänke, viele Polypen mächtige Riffe; auf den Skeleten der ersten Generation entwickelt sich eine zweite, deren feste Ueberbleibsel Jahrtausende hindurch allen äußeren Einflüssen widerstehen können. Ebenso finden wir in dem Meeressande eine solche Menge von größeren und kleineren, selbst mikro-

scopisch kleinen Skeleten (sog. Polythalamien), daß man sogar den Ausspruch thun konnte, es bestehe derselbe überhaupt aus nichts Anderem.

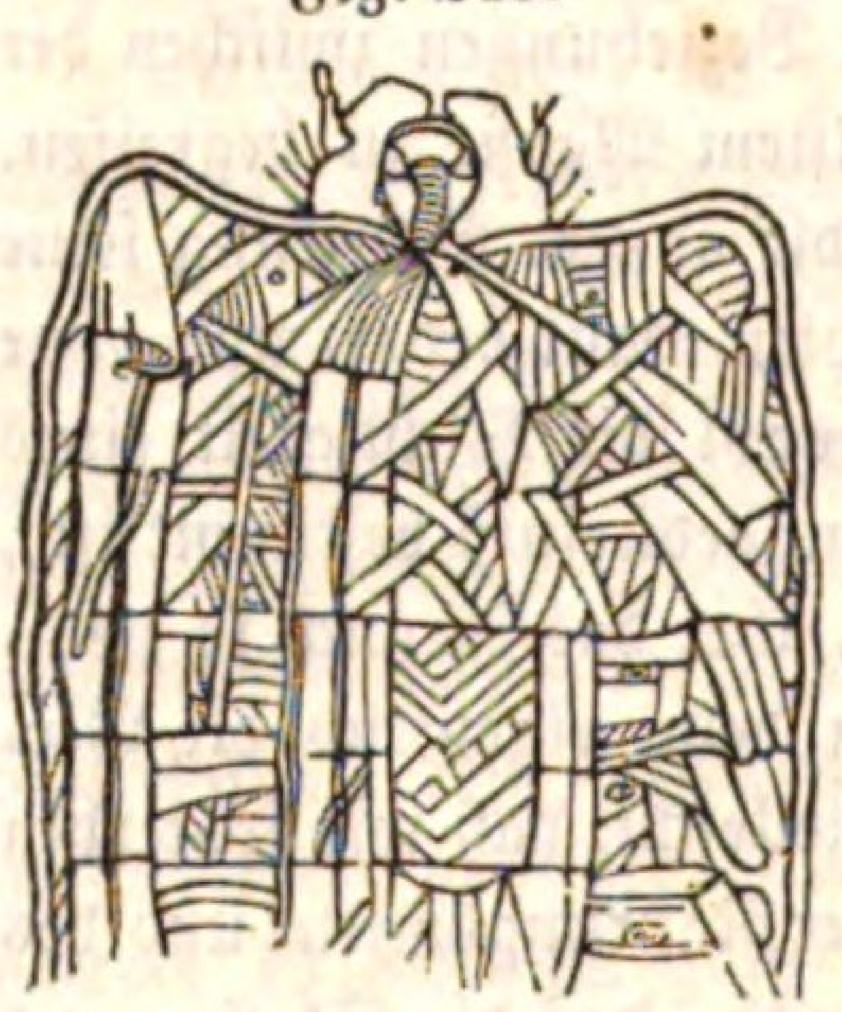
Doch genug dieser allgemeinen Bemerkungen. Wenden wir uns von ihnen zu der Betrachtung des Skelets in den einzelnen Hauptabtheilungen der niederen Thiere selbst.

Was zunächst die Arthropoden betrifft, so können wir diesen wohl ganz durchgehends ein äußeres mit bewegenden Werkzeugen versehenes Skelet zuschreiben, obgleich die Festigkeit desselben eine sehr verschiedene ist. Das Skelet, die verhärtete, aus einem Chitingewebe bestehende Haut bildet einen geschlossenen Panzer um den ganzen Körper.

Nur bei einigen festsitzenden parasitischen Krebsen ist dieser Panzer indessen eine einfache starre Hülle, die den Körper wohl hinreichend gegen äußere Einwirkungen schützen mag, aber auch, zumal bei der gleichzeitigen Abwesenheit der locomotorischen Apparate, der Beweglichkeit beraubt. Sonst sind die Arthropoden dagegen außerordentlich beweglich, mit der Außenwelt in der manchfaltigsten Beziehung, gleich den Wirbelthieren, deren Lebensverhältnisse und Leistungen sie gewissermaßen im Kleinen wiederholen. Und dieses verdanken sie nicht sowohl der bloßen Anwesenheit von äußeren Bewegungswerkzeugen, als auch zugleich einer besondern Einrichtung des Skelets selbst, welche die Brauchbarkeit der Gliedmaßen um ein Beträchtliches erhöht.

Das Skelet der Arthropoden ist gegliedert, d. h. in eine Anzahl hinter einander gelegener, gleichartiger Abschnitte getheilt, die ringförmig den Körper umfassen und gewissermaßen das Princip der Wirbelbildung bei einem äußern Skelet wiederholen. Diese Glieder, die sogenannten Segmente, sind nun aber nicht vollständig von einander getrennt, sondern vielmehr durch eine zarte Verbindungshaut, die gleichfalls eine Chitinhaut ist, unter sich in continuirlichem Zusammenhang. Die Bildung dieser Segmente ist dadurch vor sich gegangen, daß die Verhornung der Körperhaut nicht gleichmäßig über den ganzen Leib sich erstreckte, sondern auf einzelne hinter einander liegende, ringförmige Abschnitte sich concentrirte, so daß die Zwischenhaut zarter, weich und biegsam bleiben konnte.

Fig. 248.



Muskulatur der Weidenraupe.

Auf solche Weise ist nun eine Verschiebung der einzelnen Segmente möglich, wenn die Muskeln, die in großer Menge und manchfaltiger Anordnung auf der Innenseite von dem einen Ringe zu dem andern hinlaufen, sich in diesem oder jenem Sinne contrahiren. Indem die zwischenliegende Verbindungshaut nachgibt, können die Segmente sich nähern oder entfernen, bald im ganzen Umfang, bald bloß an der einen oder andern Stelle, an den Seiten, am Rücken oder am Bauche. Wenn nun solche Bewegungen an einer größern Menge von Segmenten gleichzeitig und in zweckmäßiger Combination auftreten, so wird schon dadurch eine Locomotion vermittelt werden können. — Die ausgebildeten Arthropoden besitzen indessen sehr allgemein noch andere locomotorische Apparate, die als äußere Anhänge an den Segmenten erscheinen, bald an der Bauchfläche, bald aber auch am Rücken. Die ersteren sind am weitesten verbreitet. Sie finden sich mit wenigen Ausnahmen bei allen Arthropoden und stellen die Beine dar, die nach ihrer Entwicklung zu den verschiedensten Bewegungsweisen, zum Gehen, Laufen, Schwimmen, Graben, Springen, Klettern befähigen. Die anderen sind Flügel, zur Bewegung in der Luft bestimmt, wie die Flugwerkzeuge der Vögel und Fledermäuse. Ihre Anwesenheit ist ein ausschließliches Eigenthum der sechsfüßigen Insekten. Und selbst hier fehlen sie nicht selten.

Die Extremitäten der Arthropoden sind beständig paarweise auf die beiden Seitenhälften des Körpers vertheilt, und zwar dergestalt, daß, wenn wir von den am Rücken befestigten Flügeln absehen, immer nur ein einziges Paar an einem einzigen Segmente anhängt. Wo Ausnahmen hievon vorzukommen scheinen, wie bei einigen Myriapoden (Julus), bei denen jeder Körperring (Fig. 249) zwei Paar Beine besitzt, da ist eine Verschmelzung von mehreren Segmenten vor sich gegangen.

Fig. 249.



Julus.

Wir haben schon früher bei mehreren Gelegenheiten anderweitige paarige Anhänge an der Bauchseite des Körpers bei den Arthropoden kennen gelernt. Ich erinnere an die Freßwerkzeuge, Kiemen u. s. w. Alle diese Gebilde gehören mit den Extremitäten in dieselbe Organengruppe, sie stimmen morphologisch damit überein und sind nur durch eine abweichende, ihrer specifischen Verwendung entsprechende Formentwicklung verschieden. Es fehlt nicht an Beispielen, die den Beweis hierzu liefern. Wir sehen, wie dasselbe Anhangsgebilde bei dem einen Geschöpf als Locomotionsapparat auftritt, welches bei einem andern als Kiefer oder als Kieme funktionirt. So ist unter Anderem das letzte Kieferpaar der sechsfüßigen Insekten, das die sogenannte Unterlippe bildet, bei den Spinnen in ein Beinpaar umgewandelt, während eine umgekehrte Metamorphose der Beine in Kiefer bei den höheren Krebsen stattgefunden hat. Bei den Krabben ist diese letztere Metamorphose sogar eine actuelle; die späteren Beikiefer sind hier im Anfange wirklich Locomotionsapparate gewesen, ebenso, wie in anderen Fällen, bei Bopyrus, die späteren Kiemen.

Angesichts solcher Thatsachen kann man nicht länger in Zweifel seyn, daß alle die genannten Gebilde nach ihrer typischen Bedeutung ebenso unter sich übereinstimmen, wie bei den Wirbelthieren die Flügel und Arme und Flossen. Sie sind homologe Anhangsgebilde der einzelnen Segmente.

Die Entwicklung dieser Anhänge influirt nun aber in ähnlicher Weise auf die jedesmalige Gestaltung der entsprechenden Segmente, wie bei den Vertebraten die Entwicklung der Extremitäten auf die Abtheilungen des Rumpfskelets. Ja, bei den Arthropoden ist dieser Einfluß noch größer, offenbar deßhalb, weil hier die betreffenden Skelettheile den äußeren Bedeckungen angehören und deßhalb denn auch die verschiedene Anordnung der Muskelpartien, die sie umschließen, in einem höhern Grade widerspiegeln müssen, als es bei den Vertebraten der Fall war. Aus diesem Grunde ist es z. B. erklärlich, daß die mit den Locomotionsorganen versehenen Segmente vor allen übrigen durch ihren Umfang sich auszeichnen, eben weil die Bewegung dieser Anhänge einen größern Kraftaufwand und ansehnlichere Muskelmassen erfordert, als die Bewegung der Kiemen oder Freßwerkzeuge. In einem engen Segmente würden diese Muskeln weder genügenden Raum, noch hinreichende Insertionsflächen finden.

Wie der Umfang der Segmente, ebenso ist auch der Zusammenhang derselben durch die verschiedene Entwicklung und Verwendung der Segmentanhänge bestimmt. Es kehren hier in der abwechselnden, mehr starren oder beweglichen Verbindung der einzelnen Körperglieder zum Theil dieselben Verschiedenheiten in gleicher Gesetzmäßigkeit wieder, die schon früher bei den Vertebraten in der Anordnung der Wirbelsäule angemerkt sind. So weit der Körper von den Beinen getragen ist, sind die Segmente weit weniger biegsam, und weniger deutlich von einander geschieden, als wohl an anderen Stellen. Im entgegengesetzten Falle würde es begreiflicher Weise kaum möglich seyn, den Körper hinreichend von der unterliegenden Fläche zu entfernen; ohne genügende Stütze würde er zwischen den einzelnen Extremitäten durch seine Schwere zusammensinken. Am deutlichsten wird die Gliederung an dem betreffenden Abschnitt des Körpers, der die Beine trägt, noch bei den im Wasser lebenden Arthropoden seyn können, und wirklich sehen wir auch hier viel häufiger

Fig. 250.



Flohkrebs.

(namentlich bei den Krebsen, z. B. den Amphipoden) eine stärkere Trennung und größere Beweglichkeit der Segmente zwischen den Extremitäten, als bei den auf dem Lande lebenden Arten. Wo hier solche Verhältnisse vorkommen, wie bei den Tausendfüßlern, da ist beständig ein schleppender Gang. Niemals sind derartige Thiere durch ihre locomotorischen Fähigkeiten ausgezeichnet. (Solche Thiere, die sich nicht durch Schnelligkeit ihren Feinden entziehen können, sind dann auf andere Weise gegen Feinde und Nahrungsmangel geschützt. Man denke nur an die Giftdrüsen der Scolopender, die zur Vertheidigung wie zum Angriff dienen, an die Fähigkeit, sich zusammen zu kugeln und die aus putrescirenden Stoffen bestehende Nahrung bei den Juliden!)

Was wir aber von den mit Bewegungswerkzeugen versehenen Segmenten der Arthropoden kennen gelernt haben, gilt in einem noch höhern Grade von demjenigen Körperabschnitte, dessen Anhänge zu Freßwerkzeugen umgebildet sind. Nicht nur, daß hier gleichfalls für die Actionen dieser Gebilde eine feste Stütze nothwendig war, wenn dieselben in zweckmäßiger Weise von Statten gehen sollten; es kam hier auch noch darauf an, die einzelnen Anhänge einander möglichst zu nähern, damit sie gleichzeitig durch ihre Bewegungen auf denselben Punkt einzuwirken befähigt würden. In diesen Verhältnissen mag es denn vorzugsweise begründet seyn, wenn wir sehen, daß der betreffende Körperabschnitt einer eigentlichen Gliederung ermangelt d. h. daß in ihm die einzelnen Segmente ohne alle Grenze mit einander zu einer gemeinsamen Masse verschmolzen sind. Man könnte nach dem äußern Anschein diesen Körperabschnitt für ein einziges Segment halten, und wirklich hat man solches auch bisweilen gethan. Doch gewiß mit Unrecht, da ganz allgemein für den Körperbau der Arthropoden das schon oben angeführte morphologische Gesetz gilt, daß niemals eine größere Anzahl von Anhängen an der Bauchfläche eines einzigen Segmentes entwickelt ist.

Im Gegensatz zu dieser Verschmelzung oder festen Vereinigung der Segmente sehen wir auch an anderen Stellen eine freiere Verbindung, namentlich da, wo entweder die Anhänge vollkommen fehlen oder wo dieselben zu Kiemen u. s. w. entwickelt sind. — Die specielle Verwendung der Segmentanhänge zu diesem oder jenem Zwecke ist nun aber keineswegs gleichgültig, sondern vielmehr durch die gesammte Organisation und die Lebensweise bedingt. Es ist natürlich, daß diese Gebilde sich zu Freßwerkzeugen nur im Umkreis des Mundes entwickeln, also am vordern Leibesende, während es aus mechanischen Rücksichten nothwendig war, die Locomotionsapparate in die Mitte des Leibes zu verlegen. Die hinteren Körperabschnitte sind dann bald ohne alle Anhänge (bei den sechsfüßigen Insekten und Spinnen), bald auch mit Kiemen versehen, wenn die Existenz derartiger Gebilde durch die Lebensweise nothwendig ward, wie bei den Krebsen. Daß vor den Freßwerkzeugen gewöhnlich noch ein Paar zu Sinneswerkzeugen umgewandelter Segmentanhänge vorgekommen, die sogenannten Fühlhörner, findet theils in der Beziehung dieser Organe zur Nahrungsaufnahme, theils auch in der Lage der Gesichtswerkzeuge, die aus leicht begreiflichen Rücksichten gleichfalls in der Nähe der Freßwerkzeuge vorkommen, seine Erklärung.

Fig. 251.



Libellula, mit Kopf, Brust und Bauch.

Was hier gesagt ist, mag dazu dienen, im Allgemeinen wenigstens den physiologischen Werth der bei den ausgebildeten Arthropoden vorkommenden Abtheilung des Körpers in einzelne Regionen, die je aus mehreren Segmenten zusammengesetzt sind, hervorzuheben. Jetzt werden wir es erklärlich finden, warum wir bei den meisten Thieren dieser Abtheilung drei solcher Regionen zu unterscheiden haben, eine vordere

(Kopf, caput) mit den Sinnesorganen und Freßwerkzeugen, eine mittlere (Brust, thorax) mit den Locomotionswerkzeugen, und eine hintere (Bauch, abdomen), an der die Anhänge entweder vollkommen fehlen, odereine Umbildung zu Kiemen, Afterbeinen u. s. w. erlitten haben.

Es würde mich zu weit abführen, wollte ich hier noch die Relationen hervorheben, welche die genannten Abschnitte in den einzelnen Klassen der Arthropoden zu einander darbieten. Ich will nur erwähnen, daß diese morphologisch keineswegs überall gleichwerthig sind (vergl. S. 37), daß namentlich der Mittelkörper der Krebse nicht dem Mittelkörper der sechsfüßigen Insekten entspricht, sondern vielmehr dem Hinterkörper dieser letztern, während der eigentliche Thorax in größerer und geringerer Ausdehnung mit dem Kopfe zusammenhängt und seine Anhänge in entsprechender Ausdehnung, wie schon oben erwähnt wurde, bei den höheren Formen in sogenannte Beikiefer verwandelt sind. Der Hinterkörper (Schwanz) der Krebse ist ein besonderer Abschnitt, der den Namen des Postadomen erhalten hat und in ähnlicher Weise unter den Spinnen bei den Scorpionen vorkommt.

Obwohl die angedeuteten Verhältnisse und viele andere ähnliche für die Vergleichung des Skeletbaues bei den verschiedenen Gruppen der Arthropoden von höchster Wichtigkeit sind (sie lehren uns z. B. den Zusammenhang und die Gesetzmäßigkeit in der Zahl der Extremitäten), wollen wir dieselben dennoch hier übergehen, weil sie für eine physiologische Betrachtung sich bis jetzt nur wenig verwerthen lassen. Auch die verschiedene Entwicklung der Segmente in den einzelnen Regionen wollen wir nicht näher berücksichtigen, als es bereits oben geschehen ist. Nur Eins mag hier noch erwähnt seyn, daß nämlich bei den Krebsen sich häufig die Dorsalfläche des Mittelkörpers, die überhaupt an allen Körperabschnitten dem Schutzbedürfniß entsprechend, durch eine beträchtlichere Festigkeit ausgezeichnet ist, zu einer großen und starken Platte, dem sog. Rückenschilde (Fig. 252), umbildet, die an den Seiten nicht selten bis an die Bauchfläche herab reicht und selbst den ganzen Körper zwischen

Fig. 252.



Thelephusa.

Fig. 253.



Zweischaliger Rückenschild von Lepas.

sich nehmen kann, wie der Umschlag ein Buch. Wo das Letztere der Fall ist, bei manchen Entomostraken, z. B. Lepas (Fig. 253), da zerfällt dann wohl der Rückenschild durch eine Längsgliederung in zwei seitliche Hälften, wie in zwei Schalen, die sich durch eigene Muskelmassen öffnen und schließen. Der nächste Zweck solcher Bildung ist wohl der eines größern Schutzes, obgleich es nicht verkannt werden darf, daß damit auch manche andere für gewisse Organisationen sehr wichtige Vortheile (bei der Nahrungsaufnahme und Respiration) erwachsen. — Von den Anhängen am Körper der Arthropoden interessiren uns hier vornehmlich die Locomotionsorgane, obgleich, wie gesagt, die Antennen, Kiefer und Kiemen in einem ganz gleichen Verhältniß zu dem Skelet stehen, wie diese. Alle sind paarige Segmentanhänge von derselben morphologischen Bedeutung. Wenn wir hier diese letzteren außer Acht lassen, so geschieht dieses, weil sie schon an anderen Orten in hinlänglicher Weise berücksichtigt worden.

Unter den Locomotionsapparaten haben die **Beine** die größte Verbreitung. Sie fehlen nur außerordentlich selten bei den ausgebildeten Arthropoden, nur bei einzelnen festsitzenden Parasiten. Und auch diese besaßen solche Anhänge in einer frühern Zeit des Lebens, wo sie, gleich den verwandten Arten, frei beweglich waren.

Sehr verschieden ist nun aber die Zahl dieser Beine, je nach der größern oder geringern Menge der beintragenden Segmente. Die eigentlichen Insekten besitzen deren ganz durchgehend drei Paare, die Spinnen vier, die Krebse meist fünf, sieben, andere auch weit mehrere. Die größte Menge haben die Myriapoden, wo manchmal über 100 Paare solcher Anhänge vorkommen. Diese ansehnliche Vermehrung, die daher rührt, daß mit Ausnahme der Kopfsegmente alle Ringe Beine tragen, mag hier wohl durch die außerordentliche Länge des Körpers nothwendig geworden seyn. Wären die Beine nur auf die Brust beschränkt geblieben, so würden sie unmöglich den übrigen langgestreckten Körper nachschleppen können. Ueberdieß sind die Beine nur kurz und schwach, so daß die ganze Bauchfläche, die sehr passend eine beträchtliche Breite und Abflachung zeigt, auf der Erde aufliegt. Manchfache schlängelnde Bewegungen (die nur durch die freiere Verbindung der einzelnen Segmente möglich geworden sind) erhöhen endlich noch die locomotorischen Leistungen.

Fig. 254.



Scolopendra.

Die Beine der Arthropoden erscheinen als cylindrische, verhältnißmäßig dünne und lange Anhänge, die in ihrem Innern von Muskelsträngen und verhornten Sehnen durchsetzt werden und überall eine Gliederung in mehrere über einander liegende, hebelförmige Abschnitte zeigen. Die Gelenke, welche diese Abschnitte beweglich mit einander verbinden, sind (wie die Verbindungen der einzelnen Segmente) nichts Anderes als minder stark verhornte Stellen der Extremitäten-Cylinder, die aber eine solche passende Einrichtung haben, daß sie, je nach den Bedürfnissen, nur eine bestimmte, freiere oder beschränktere Bewegung zulassen. Die meisten Gelenke sind einfache Ginglymoidalgelenke, durch welche nur Streckung und Beugung möglich wird; doch finden sich daneben auch andere zur Vermittlung einer rotatorischen Bewegung, namentlich an den äußersten Gliedern. Die Anheftung der gesammten Extremität an den Segmenten geschieht durch eine Art Kugelgelenk, wenigstens bei denjenigen Arten, die, wie die Laufkäfer u. s. w., durch ihre locomotorischen Fähigkeiten sich auszeichnen. Bei anderen Arthropoden, die minder gute Läufer sind, namentlich bei den meisten mehr fliegenden Insekten, den Bienen, Schmetterlingen u. s. w., findet sich dafür eine weit einfachere Einrichtung, die an Zweckmäßigkeit und Festigkeit allerdings zurücksteht, aber dennoch für die geringeren Bedürfnisse vollkommen ausreicht. Es ist hier nämlich das Wurzelglied des Beines mit dem betreffenden Segment in unmittelbarem Zusammenhang und nur durch eine ringförmige Furche, in der die Haut weich und biegsam bleibt, davon geschieden. Bei näherer Betrachtung zeigt sich übrigens die Verschiedenheit zwischen diesen beiden Verbindungsarten nur gering; das vollkommnere Kugelgelenk ist dadurch entstanden, daß jene Furche sich stark vertiefte und die eine dadurch gebildete Fläche mit einer kopfartigen Auftreibung in eine entsprechende Concavität der andern anliegenden Fläche sich hineinsenkte. Eine vollständige Trennung von Segment und Extremität fehlt auch bei der Entwicklung eines Kugelgelenks; es bleibt beständig zwischen beiden ein Zusammenhang durch eine zarte Haut, die man etwa dem Ligamentum teres der Säugethiere vergleichen könnte. — Die Gliederung der Beine zeigt nach den jedesmaligen Bedürfnissen manche Verschiedenheiten. Im Allgemeinen läßt sich darin etwa folgender Typus feststellen. Auf das Wurzelglied

Fig. 255.



Bein eines Insektes,
Femur, Tibia, Tarsus.

(coxa), das beständig nur kurz ist, folgt noch außen ein zweites, ebenso kurzes Stück (trochanter), das in manchen Fällen auch mehr seitwärts liegt und die Verbindung mit einem langen und kräftigen Femur vermittelt. Nach außen davon unterscheidet man die Tibia, die in der Regel gleichfalls durch ihre Länge ausgezeichnet ist und den äußersten Abschnitt, den Fuß (tarsus), trägt, der selbst wiederum aus einer wechselnden Anzahl von (2—6) Gliedern (phalanges) zusammengesetzt wird.

Von allen Abschnitten des Beines ist der Fuß der veränderlichste. Mehr als irgendwo anders, spricht sich in seiner Bildung der manchfach verschiedene Gebrauch der Extremitäten aus.

Bei den Insekten und vielen anderen Arthropoden, die in Aufenthalt und Bewegungsweise mit diesen übereinstimmen, sind die Glieder des Fußes durch ihre Kürze und Abplattung ausgezeichnet, so daß sie beim Gehen alle hinter einander auf dem Boden aufliegen. Höchstens daß sich das erste Glied an Länge vor den übrigen auszeichnet und dadurch den vorhergehenden Abschnitten des Beines ähnlicher wird. Ist aber schon dieses auf Kosten der locomotorischen Brauchbarkeit geschehen, so wird solche da noch weit geringer, wo eine gleiche Umwandlung sich auf die übrigen Tarsalglieder erstreckt, wo der formelle Unterschied zwischen Bein und Fuß vollständig geschwunden ist, und die ganze Extremität in ein ansehnliches Anhangsgebilde mit verschiedenen mehr oder minder langen Gliedern sich verwandelt hat.

In den meisten Fällen ist bei solcher Bildung, wo das stark verlängerte Bein nur am äußersten Ende einen Stützpunkt auf dem Boden findet, Raschheit und Sicherheit des Ganges gefährdet. Nur durch eine sehr kräftige Muskulatur, durch einen festen, kurzen und gedrungenen Bau kann diesen Uebelständen einigermaßen abgeholfen werden. Solche Verhältnisse zeigen uns namentlich die Landkrabben, die treffliche Läufer sind, während die verwandten mit längeren und schlankeren Beinen versehenen Arten sehr weit in dieser Hinsicht zurückstehen. Ein gleicher Unterschied in der Entwicklung der Beine bedingt die verschiedene Lebensweise der Wolfsspinnen und Gewebespinnen (Fig. 257), von denen die ersteren ihre

Fig. 256.



Krabbe, Thelephusa.

Fig. 257.



Kreuzspinne.

Beute jagen, während die anderen auf ebenem Boden nur ungeschickt sich fortbewegen können, obgleich sie an einem ausgespannten Faden sehr trefflich zu klettern verstehen.

Auf der andern Seite ist übrigens eine gewisse Länge der Extremitäten nothwendig, wenn der Gang nicht langsam und träge werden soll. Namentlich gilt dieses von den hinteren Extremitäten, wenigstens da, wo auf dieselben (wie z. B. bei den sechsfüßigen Insekten) noch ein größerer, anhangloser Körperabschnitt folgt, der in passender Weise gestützt werden mußte, wenn die Beweglichkeit nicht beeinträchtigt werden sollte. Rechnen wir noch hinzu, daß die hinteren Extremitäten durch ihre Lage sich weit mehr als die vorderen zur Propulsion des Körpers eignen, so wird es erklärlich seyn, warum dieselben sich so häufig durch Länge und kräftige Entwicklung auszeichnen, und um so mehr, je schneller überhaupt die Laufbewegung ist. Am auffallendsten ist diese Entwicklung der Hinterbeine bei den springenden Insekten,

den Heuschrecken, Flöhen u. a., bei denen namentlich auch das Femur, in dem die mächtigen Streckmuskeln verlaufen, eine sehr beträchtliche Dicke besitzt.

Fig. 258.



Wanderheuschrecke.

Die vorderen Extremitäten sind weit weniger Sitz der ortsbewegenden Kraft. Sie dienen mehr zum Stützen des Körpers, auch zur Ausübung von manchen anderen feineren Bewegungen, wozu sie die Nähe der Sinnesorgane besonders befähigt. In ihrer Form spiegeln sich dann Sitten und Lebensweise wieder. So sind sie es, die von sehr vielen Insekten bald zum Greifen, bald zum Scharren und Graben in der Erde u. s. w. benützt werden, die dann im letztern Falle eine breite und scharfe, oft in Zacken und Fortsätze ausgezogene Tibia besitzen, eine Form, die namentlich bei der sog. Maulwurfsgrille bis in's Extrem ausgebildet ist.

Es ist schon oben angemerkt worden, daß bei den meisten laufenden Arthropoden die einzelnen Glieder des Fußes, die bei dem Auftreten den Boden berühren, von oben nach unten zu einer förmlichen Sohle abgeflacht sind. Wozu solche Einrichtung dient, ist leicht einzusehen. Die Berührung mit der unterliegenden Fläche wird dadurch inniger, der Gang sicherer. Für ein kräftiges Abstoßen des Körpers bei der Bewegung ist dadurch gesorgt, daß am Ende des Beines vor dem Fuße gewöhnlich einige starke Dornen entwickelt sind.

Sehr allgemein ist am Ende des Fußes noch eine besondere gekrümmte Doppelklaue von hakenförmiger Gestalt (uncini) eingelenkt, die sich bei dem Aufsetzen des Fußes wie der Schnabel eines Ankers in den Boden befestigt und dadurch zu einem wichtigen locomotorischen Hülfsapparate wird. Da namentlich ist dieses Gebilde von großer Wichtigkeit, wo die Lebensweise, wie z. B. bei dem Klettern der Insekten, eine Bewegung an einer abschüssigen und selbst senkrechten Ebene nothwendig macht. In allen Fällen setzt aber der Gebrauch dieses Apparates eine geeignete Beschaffenheit, namentlich eine gewisse Rauhigkeit, des unterliegenden Bodens voraus. Auf einer glatten Fläche versagt dasselbe begreiflicher Weise seine Dienste. Wo auch auf dieser eine sichere Bewegung erzielt werden soll, da bedarf es noch ganz besonderer Vorrichtungen. Zu diesem Zwecke entwickelte sich am Ende der Sohle noch ein Paar kleiner scheibenförmiger Anhänge, die am Rande mit zahllosen mikroskopischen Häkchen versehen sind und wie Saugnäpfe wirken. Solche Gebilde sind es, die z. B. unsere Stubenfliege und viele andere verwandte Insekten befähigen, nicht bloß an den senkrechten Scheiben unserer Glasfenster sich festzusetzen und zu bewegen, sondern auch mit gleicher Sicherheit an der Decke unserer Zimmer umherzukriechen.

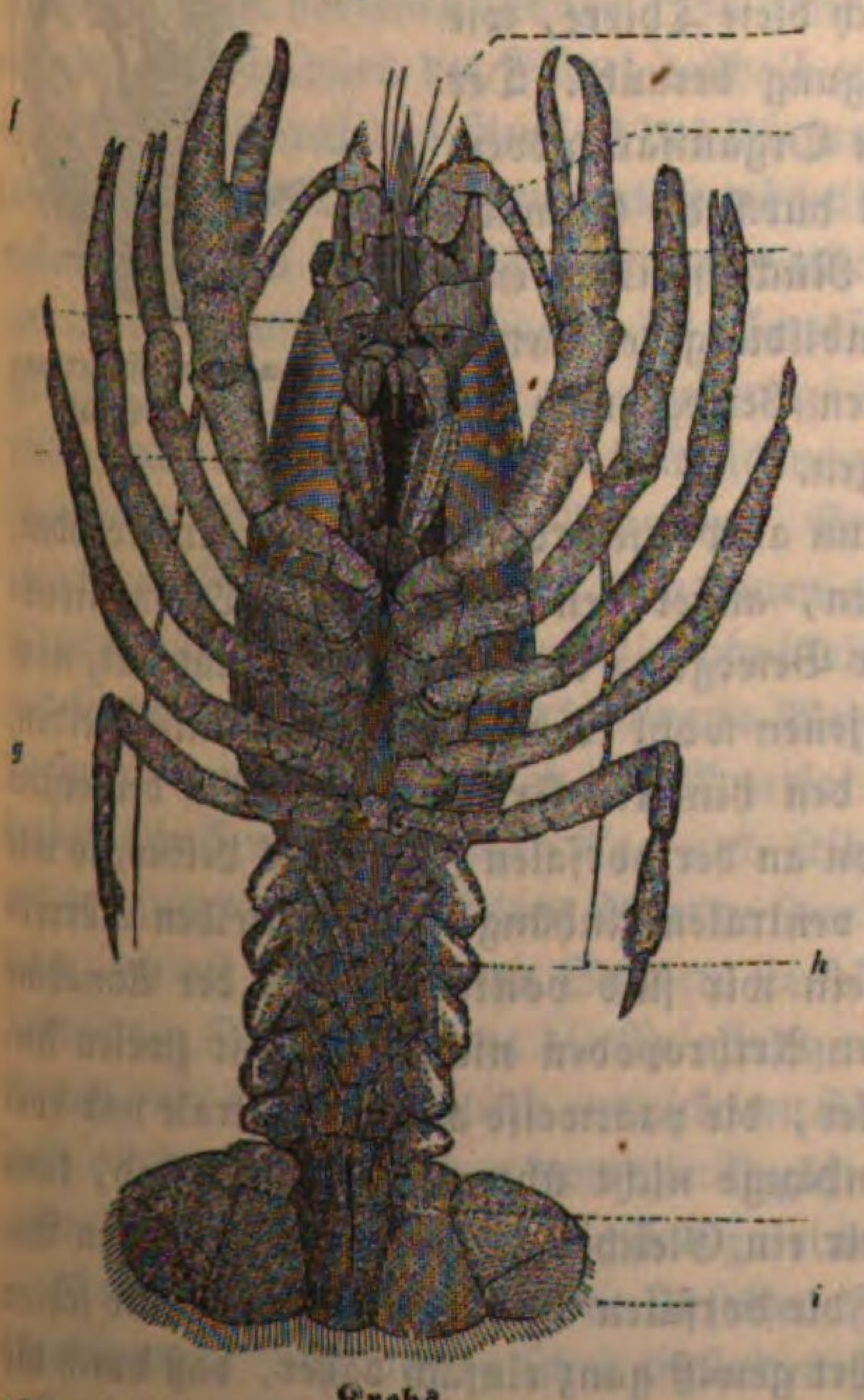
Andere Insekten, namentlich manche leicht gebaute, wanzenartige Geschöpfe sehen wir auf der Oberfläche des Wassers ohne einzusinken forthüpfen. Dieß scheint auf denselben Umständen zu beruhen, durch welche z. B. auch feine Nähnadeln auf dem Wasser schwimmen können, sobald ihre Oberflächen durch einen feinen fettigen Ueberzug (welchen dieselbe durch den Gebrauch von den menschlichen Fingern immer erhalten) unbenetzbar sind. Solche Körper bewirken, auf die Oberfläche des Wassers drückend, eine Depression derselben, statt sie zu zerreißen. Sind sie nun hinreichend leicht und mit ausgedehnter Unterstützungsfläche versehen, so können sie durch die nach oben gezogene Resultante der Adhäsionskräfte der in der deprimirten Stelle an der Oberfläche befindlichen Wassertheilchen getragen werden. Waschen mit Spiritus macht die Füße der Wasserwanzen ebenso wie die Nähnadeln benetzbar, und dann sinken sie ein. Diese Füßchen sind dicht mit Haaren besetzt. Ob sich an denselben auch etwas Luft fängt, ist nicht bekannt.

In solcher Weise ist mit einer jeden Art der Bewegung eine bestimmte passende Einrichtung der Extremitäten verbunden. Sehr augenfällig sehen wir dasselbe auch bei den schwim-

menden Arthropoden, bei denen die Tarsalglieder nicht mehr, wie bei den laufenden Arten, von oben nach unten, sondern vielmehr von den Seiten zusammengedrückt sind und oft in einem sehr hohen Grade, so daß dadurch eine ganz ansehnliche Schwimmfläche entsteht, die sehr allgemein noch durch zahlreiche lange und steife Randborsten vergrößert ist. In vielen Fällen, und so namentlich bei den meisten schwimmenden Insekten, beschränkt sich diese Umwandlung der Extremitäten zu Ruderfüßen auf die Hinterbeine, die aber dann durch eine eigene Anordnung des Coxalgliedes zur Ausübung von kräftigen Schwimmbewegungen besonders eingerichtet sind. Die vorderen Extremitäten haben dabei die gewöhnliche Form. Sie dienen gelegentlich zum Umherkriechen und Klettern zwischen den Wasserpflanzen u. s. w. Während des Schwimmens können sie auch wohl durch Lage und Bewegung auf die Richtung des Stoßes influiren. In anderen Fällen, bei den meisten Krebsen, sind dagegen alle Extremitäten in Schwimmfüße verwandelt. Die Fähigkeit zum Gang ist dann verloren gegangen. Nur durch die Schwimmbewegung wird die Ortsveränderung vermittelt. — Außer den eigentlichen Schwimmfüßen tragen viele kleinere Entomostraken noch ein mächtiges antennenförmiges Anhangsgebilde an dem Vorderende des Körpers, das wohl ebenso gut als Steuer wie als Ruder wirkt. Auch der schwanzartig verlängerte Hinterleib verdient in dieser Hinsicht eine Erwähnung.

Von besonderer Wichtigkeit ist dieser Hinterleib für die Schwimmbewegungen der Amphipoden und langschwänzigen Decapoden, die der weiteren Ruderapparate entbehren. Die einzelnen Segmente desselben sind hier sehr beweglich und durch eine mächtige Muskulatur zu abwechselnder Streckung und Beugung befähigt, deren Wirkung häufig noch durch eine breite fächerartige Endflosse (die aus der Metamorphose des letzten Segmentes und der Anhänge desselben hervorgegangen ist) erhöht wird.

Fig. 259.



Krebs.
f Scheerenfüße; *g* Gehfüße; *h* Hinterleib mit Afterfüßen und Schwanzflosse *i*.

Bei solcher Anordung der locomotorischen Werkzeuge bekommen die Extremitäten Gelegenheit, durch anderweitige Umgestaltung sich den speciellen Lebensbedürfnissen anzupassen. Sehr häufig werden sie dann zu Greifapparaten, gewöhnlich zu sogenannten Scheerenfüßen, bei denen das Endglied des Tarsus an einem langen und unbeweglichen Fortsatz des vorhergehenden Gliedes eingelenkt ist, wie der Daumen an der übrigen Hand. Fehlt dieser Fortsatz, dann kann auch wohl das ganze Endglied gegen das vorhergehende Glied sich umschlagen, wie die Schneide des Messers gegen das Heft. Der Fuß ist dann zu einem sog. Raubfuße geworden.

Solche Formen von Extremitäten treffen wir nun aus dem angemerkten Grunde sehr häufig bei den langgeschwänzten Krebsen und den Amphipoden, bald an allen Segmenten, bald nur an den vordern, da, wo auch im erstern Falle die ansehnlichsten und kräftigsten Greifapparate vorzukommen pflegen, wie z. B. bei unserem gewöhnlichen Flußkrebse. Die Beziehung der Greifapparate zur Nahrungsaufnahme wird solche Lage vollkommen rechtfertigen. Eine Umwandlung der Extremitäten in Greifapparate sehen wir aber auch bei manchen anderen, der sonstigen Locomotionswerkzeuge entbehrenden Arthropoden. Zu einer freien und schnellen Bewegung unfähig, haben diese dann als Schmarotzer auf anderen Ge-

schöpfen einen beschränkten Wohnsitz. Die Beine dienen dann gewöhnlich nur zum Festhalten.

Es gibt unter den Arthropoden übrigens auch eine große Anzahl von temporären Schmarotzern, was uns nicht auffallen kann, sobald wir nur bedenken, daß der Parasitismus keinesweges eine vollkommen abgeschlossene Lebensform ist, sondern durch eine Reihe von Zwischenstufen erst allmälig aus der gewöhnlichen räuberischen Lebensweise sich hervorbildet. Wird ein Thier zu klein und zu schwach, seine Beute zu überwältigen, so muß es sich damit begnügen, dieselbe anzufallen und zu plündern. Solche temporäre Schmarotzer besitzen neben den Haftwerkzeugen auch noch gewöhnliche locomotorische Anhänge oder sogar die letzteren allein, wie namentlich die schmarotzenden Insekten und Milben. Wo beiderlei Gebilde gleichzeitig angetroffen werden, da gilt es als Regel, daß die vorderen Anhänge als Haftwerkzeuge auftreten.

Die Form der Haftwerkzeuge zeigt übrigens große Verschiedenheiten. Bald gleichen dieselben, abgesehen von der beträchtlicheren Kürze, den Raubfüßen, bald sind sie kurze stiletartige Anhänge, bald endlich erscheinen sie in der Form von Saugnäpfen. Am abweichendsten ist diese Gestaltung bei einigen niederen Schmarotzerkrebsen aus der Gruppe der sog. Lernäaden. Hier ist das eine Paar derselben in der Mittellinie vereinigt und zu einem einfachen mehr oder minder langen Fortsatz geworden, der am Ende einen Saugnapf trägt und mit diesem in die Körpersubstanz des Wirthes vergraben ist. Eine ähnliche Umwandlung eines Extremitätenpaares ist es, durch welche die paradoxe Crustaceengruppe der sog. Cirripedien sich auszeichnet. Auch hier ist eine mittlere Symphyse zweier seitlichen Körperanhänge eingetreten. Diese bilden im ausgebildeten Zustande einen längeren und kürzeren Stiel, dessen äußerstes Ende zur Befestigung dient, während das entgegengesetzte Ende mit dem übrigen Körper in Verbindung bleibt. Auf solche Weise sind nun auch diese Thiere, wie jene Schmarotzer, der selbstständigen Ortsbewegung beraubt. Der Aufenthalt im Freien macht aber manche andere Organisationsverhältnisse nothwendig. Dem Schutzbedürfniß ist durch die Entwicklung eines zweischaligen, meist sogar verkalkten Rückenschildes entsprochen, dem Nahrungsbedürfniß durch die Umbildung der Extremitäten in schnurrenförmige Strudelorgane, deren Bewegungen für die Zufuhr von hinlänglicher Speise Sorge tragen.

Fig. 260.



Lepas, nach Entfernung der einen Schale.

Wie wir schon oben erwähnt haben, besitzt nun aber eine große Anzahl von Arthropoden, fast die ganze Gruppe der sechsfüßigen Insekten, außer den gewöhnlichen Locomotionsapparaten auch noch Flugwerkzeuge, die zur Bewegung in der Luft bestimmt sind, nach ihrer morphologischen Bedeutung indessen von jenen wohl eben so wenig sich unterscheiden, als die Flügel der Vögel oder Fledermäuse von den hinteren Extremitäten. Auf den ersten Blick scheint allerdings ihre abweichende Insertion an der dorsalen Fläche des Leibes, so wie die gleichzeitige Anwesenheit von gewöhnlichen ventralen Anhängen an denselben Körpersegmenten solcher Deutung zu widersprechen, allein wir sind vollkommen zu der Annahme berechtigt, daß ein vollständiges Segment bei den Arthropoden nicht bloß mit zweien Anhängen ausgerüstet sey, sondern vielmehr mit vier, die paarweise auf die ventrale und dorsale Fläche sich vertheilen. Daß die dorsalen Anhänge nicht überall entwickelt sind, kann diese Annahme unmöglich beeinträchtigen, da wir ein Gleiches auch bei den ventralen Anhängen häufig beobachten können. Es ist wahr, die dorsalen Anhänge der Segmente fehlen noch häufiger, als die ventralen, doch solches rührt gewiß ganz einfach daher, daß durch die Anwesenheit der letzteren den Lebensbedürfnissen der meisten Arthropoden schon Genüge geleistet ist. Indessen sind doch auch die dorsalen Anhänge der Segmente noch weiter verbreitet, als man gewöhnlich annimmt. Auch bei den höheren Crustaceen kommen sie vor, nur in abweichender Entwicklung, unter der Form von Kiemen (vergl. S. 254), die diesen Geschöpfen bei ihrer Lebensweise viel wichtiger seyn mußten, als Flügel.

Schon oben, bei der Betrachtung der respiratorischen Apparate (S. 254), sind diese Gebilde näher berücksichtigt worden. Wir übergehen sie deßhalb an dieser Stelle, können aber die Bemerkung nicht unterdrücken, daß die Verschiedenheit in der Verwendung der Rückenanhänge, die aus dem Angeführten hervorgeht, eine vollkommene Parallele mit den mancherlei abweichenden Bildungsweisen der Ventralanhänge darbietet und uns bei der morphologischen Uebereinstimmung von beiden nicht überraschen kann.

Das Auftreten von Flugwerkzeugen bei den sechsfüßigen Insekten ist theils durch die geringe Größe und gedrungene Gestalt des Körpers, theils auch durch die oben beschriebene Anordnung der Respirationsapparate, durch welche ein für das Fliegen sehr vortheilhaftes Verhältniß zwischen Schwere und Fläche hergestellt wird, möglich geworden. Bei den Krebsen, namentlich den größeren Arten, würde der Gebrauch derartiger Apparate einen Aufwand von Muskelkraft erfordert haben, der durch die gegebene Organisation nicht erzielt werden konnte. Ebenso wäre auch für Spinnen und Tausendfüßler ein anderer Bau und namentlich eine andere Entwicklung des Respirationssystems nöthig gewesen, wenn dieselben in die Luft sich hätten erheben sollen. (Es darf wohl kaum gegen diese Behauptung angeführt werden, daß wir wirklich einige Spinnenarten kennen, die durch Hülfe eines freien, aus den Spinndrüsen gesponnenen Gewebes sich in der Luft treiben lassen. Es sind dieses immer nur sehr kleine Arten, die durch jenen Apparat, der ihre Oberfläche sehr bedeutend vergrößert, eine nur äußerst geringe specifische Schwere erhalten.)

Aus diesen Umständen mögen wir denn auch von vorn herein schon erschließen (was die Beobachtung bestätigt), daß das Flugvermögen der Insekten im Allgemeinen mit der Kleinheit und der Entwicklung des respiratorischen Apparates an Vollkommenheit zunehme. Die großen (und langgestreckten) Insekten fliegen weit langsamer und unbeholfener, als die kleinen, ja manche besitzen bloße verkümmerte Flügel, weil sie sich derselben doch nicht gehörig würden bedienen können. In ähnlicher Weise scheinen bei einigen Insektenarten die weiblichen Individuen der Flügel deßhalb zu entbehren, weil durch den mächtig entwickelten Generationsapparat das Gewicht des Körpers zu groß geworden ist. — Die Zahl der flügellosen Insekten ist aber immer noch beträchtlicher, als man nach den angedeuteten Verhältnissen vermuthen sollte. Es gibt namentlich sehr viele flügellose Parasiten, deren Größe und Körpergewicht keineswegs die Anwesenheit von Flugapparaten ausschließen würde. Hier ist es die Lebensweise, die derartige Gebilde entbehrlich macht. Daß diese auch in vielen anderen Fällen auf die Entwicklung der Flugwerkzeuge influire, zeigen in augenscheinlicher Weise z. B. die Ameisen. Bekanntlich leben diese Thierchen haufenweise in förmlichen Staaten zusammen und bauen gemeinsame Nester oder Wohnungen. In solchen Staaten finden sich Individuen mit entwickelten männlichen und weiblichen Geschlechtsorganen und sogenannte Arbeiter, verkümmerte Weibchen. Den letzteren ist die Aufgabe geworden, die junge Brut zu pflegen und das Material für die Wohnungen und den täglichen Unterhalt herbeizuschaffen. Den ganzen Tag und selbst Nachts sieht man sie geschäftig umherlaufen, mit den jungen unentwickelten Thieren (den sog. Ameiseneiern) oder sonst mit Körpern beladen, die oft an Größe und Schwere sie selbst übertreffen. Es wäre vergeblich, wenn diese Individuen Flügel besäßen; die Belastung würde den Gebrauch derselben unmöglich machen. Anders aber die geschlechtlich entwickelten Thiere. Sie sind beflügelt, sie erheben sich hoch in die Luft, oft schaarenweise, um dort die Begattung zu vollziehen. Sobald aber dieses geschehen, gehen die Flügel verloren. Sie sind zu einem ferneren Gebrauche unnöthig geworden.

Wo aber auch immer bei den Insekten Flügel vorkommen, niemals wird die Vierzahl überschritten. Aus mechanischen Gründen sind sie dem Schwerpunkte des Körpers möglichst nahe gerückt. Sie stehen paarweise an den beiden letzten Segmenten des Thorax. Es ist allerdings nicht selten, daß das eine oder andere Paar dieser Flügel verkümmert, allein gewöhnlich lassen sich auch dann noch die Rudimente derselben nachweisen. — Im Allgemeinen erscheinen Flügel als ansehnliche Hautlamellen, die von zahlreichen, sehr regelmäßig verästelten und

anastomosirenden stärkeren Röhren, den sog. Nerven, durchzogen sind und mit ihrem Wurzelende beweglich an der Dorsalfläche des Körpers sich einlenken. Die von den Röhren umschlossenen gefäßartigen Räume, die mit der Leibeshöhle communiciren, wie der Hohlraum der Extremitäten, enthalten Tracheen und Blut, aber keine Muskeln. Diese letzteren sind beständig in den Brustsegmenten eingeschlossen und hier an besonderen, nach innen hineinragenden sehnenartigen Fortsätzen der Flügel befestigt, damit der Schwerpunkt der Flügel möglichst genau mit dem Drehpunkt derselben zusammenfalle.

Fig. 261.



Hummel.

Bei solcher Anordnung übertrifft die räumliche Entwicklung der beiden hinteren Thoracalsegmente bei den fliegenden Insekten das vordere um ein sehr Beträchtliches. Haben beide Flügelpaare eine gleiche Größe und Thätigkeit, dann bieten auch beide Segmente gleichmäßige Verhältnisse, während eine abweichende Gestaltung des einen oder andern Paares eine entsprechende Verschiedenheit in der Entwicklung des zugehörenden Segmentes zur Folge hat.

Der Hauptnutzen jener festen Röhren in den Flügeln ist wohl ein mechanischer. Sie dienen zur Stütze für die dazwischen ausgespannte dünnere Flughaut, wie die Extremitätenknochen in den Flugwerkzeugen der Fledermäuse.

In den meisten Insekten sind alle vier Flügel von gleicher Entwicklung. Sie betheiligen sich dann gleichmäßig beim Fluge und bewegen sich beständig in demselben Momente auf dieselbe Weise. Vordere und hintere Flügel verhalten sich dabei wie ein einziger ungetheilter Apparat. Um die gemeinsame Action zu erleichtern, sind die einander zugekehrten Ränder nicht selten durch besondere Vorrichtungen unter sich befestigt, bald durch krämpenartig umgeschlagene Leisten, die in einander greifen (Cicaden), bald durch gekrümmte Haken oder Dornen, die den verdickten vordern Rand der Hinterflügel umfassen (Bienen und Schmetterlinge). In anderen Fällen überragen die Ränder der Vorderflügel die hinteren um eine solche Strecke, daß sie sich nicht an einander vorbei bewegen können. — Die Vorderflügel übernehmen nun aber in vielen Fällen noch eine andere Funktion. Sie werden zu Schutzorganen für die hinteren Flügel und das Abdomen, das sie dann im Ruhezustande bedecken. Zu diesem Zwecke bekommen sie eine festere, bald lederartige (Heuschrecken), bald hornige Beschaffenheit, die letztere entweder nur in der vordern Hälfte (Wanzen) oder in ganzem Umfange (Käfer). Wenn die Vorderflügel vollständig verhornt sind, dann bilden sie die sogen. Flügeldecken (elytra), die in der Mittellinie des Hinterleibes an einander stoßen und nach hinten mehr oder minder weit, meist aber bis zum äußersten Körperende, hinabreichen. Es ist leicht einzusehen daß eine solche Umbildung der Vorderflügel zu einem Schutzapparate nur auf Kosten der Flugfähigkeit vor sich gehen konnte. Darin liegt auch der Grund, daß sie häufig mit einer ansehnlichen Größenentwicklung des Körpers zusammenfällt. Die größten (schwersten) aller Insekten finden wir unter den Heuschrecken und Käfern. Bei den letzteren, bei denen diese Umbildung am vollständigsten stattgefunden, haben die Vorderflügel ihre Bedeutung als Flugwerkzeuge gänzlich verloren. Sie sind während des Fluges allerdings etwas erhoben, aber nur, um den darunter versteckten häutigen Hinterflügeln den nöthigen Spielraum für die Flugbewegungen zu gestatten. Sie selbst bleiben

Fig. 262.



Todtengräber, Necrophorus, mit Flügeldecken.

unbeweglich, können deßhalb auch nicht eigentlich die Bewegung fördern, müssen vielmehr die Leichtigkeit derselben beeinträchtigen, während sie allerdings, weil sie die Fläche des Thieres bedeutend vergrößern, die Erhaltung desselben in der Luft erleichtern, sich dem Niedersinken widersetzen.

Wenn von den Flügeln der Insekten, was häufig der Fall ist, ein Paar verkümmert, so ist dieses gewöhnlich das hintere. Nur die kleine Gruppe der Strepsipteren macht in dieser Hinsicht eine Ausnahme. Hier ist es das vordere Flügelpaar, welches bis auf eine kleine schmale Schuppe geschwunden ist, während dafür das hintere Paar eine ansehnliche Größe gewonnen hat.

Für den andern Fall könnten wir eine beträchtliche Menge von Beispielen unter den Käfern, den Heuschrecken u. s. w. anführen, allein wir begnügen uns damit, auf die Ordnung der Dipteren hinzuweisen, in der die Hinterflügel ganz allgemein, wie z. B. bei unserer Stubenfliege, zu einem Paare kleiner gestielter Knöpfchen (den sog. Schwingkolben, halteres) zusammengeschrumpft sind, ohne daß dadurch das Flugvermögen gelitten hätte. Ja, die Fliegen gehören sogar zu denjenigen Insekten, die durch die Leichtigkeit, Dauer und Geschwindigkeit des Fluges sich auszeichnen. Es ist theils die geringe Größe und der Tracheenreichthum des Körpers, der solches möglich macht, theils aber auch die immense Geschwindigkeit, mit der die Flugbewegungen ausgeübt werden. Daß übrigens hierbei auch die Schwingkolben von gewisser Bedeutung sind, geht schon hinreichend aus der Beobachtung hervor, daß bei dem Verluste derselben der Flug beschwerlich, unregelmäßig, ja selbst unmöglich wird.

Es ist schon oben darauf hingewiesen, wie Form und Körperbau der Insekten die Thätigkeit der Flügel außerordentlich begünstigen. Zwischen den Flügeln ist das Gewicht des Körpers concentrirt, der Kopf erscheint klein und leicht, der gegliederte Hinterleib erlaubt durch seine Beweglichkeit (die namentlich bei den besten Fliegern — Bienen, Fliegen —, wo das erste Segment stielförmig wird, sehr groß ist) eine verschiedene Verrückung des Schwerpunktes. Er dient, gleich dem Schwanz der Vögel, als Steuer.

In ähnlicher Weise sind auch wohl die Extremitäten von Bedeutung, namentlich die vorderen, wenn es darauf ankommt, die Richtung des Fluges nach unten oder oben zu bestimmen. Es ist nicht gleichgültig, ob diese um den Leib angezogen sind oder frei nach unten hinabhängen. (Man denke nur an die dadurch veränderte Größe der Widerstandsfläche gegen die Luft.) Wie es scheint, hat es auch hierauf eine Beziehung, wenn wir sehen, daß das vordere Thoracalsegment bei vielen Insekten nicht mit den übrigen dahinter liegenden Segmenten eng verschmolzen ist, sondern durch eine besondere Gelenkeinrichtung sich auf- und abwärts bewegen läßt. Es ist wenigstens auffallend, daß diese Anordnung besonders da vorkommt, wo das Abdomen durch eine größere Breite und Kürze in seinen Bewegungen beschränkt ist (bei Käfern, Wanzen, Heuschrecken), wo es also wünschenswerth erscheinen mußte, durch eine anderweitige Vorrichtung die Form und die Gleichgewichtsverhältnisse des fliegenden Körpers veränderlich zu machen. Wir dürfen aber dabei nicht vergessen, daß jene Gelenkverbindung auch noch zu sonstigen Leistungen befähigt, wie Wühlen, zum Fortschieben einer Last, zum Emporschnellen des Körpers bei der Rückenlage u. s. w., daß sie selbst bei dem gewöhnlichen Gang, wenn die Richtung desselben geändert werden soll, von großem Werthe ist, und deßhalb denn gerade den genannten Insekten um so wünschenswerther seyn mußte, als diese in ihrer Locomotion mehr auf den Gebrauch der Beine als der Flügel angewiesen sind. Wenn die eigentlichen Fluginsekten dagegen nicht bloß alle drei Thoracalringe verschmolzen zeigen, sondern auch den vordern von sehr geringer Größe, so werden wir auch darin eine Beziehung zum Flugvermögen nicht verkennen. Das Körpergewicht wird um so viel verringert, als der betreffende Theil dadurch leichter geworden ist.

Im Larvenzustande fehlen die Flügel bei allen Insekten. Erst während des Puppenlebens geht die Bildung derselben vor sich.

Hiermit hängt es zusammen, daß in diesen früheren Perioden des Lebens der Unterschied in der Entwicklung von Brust= und Bauchsegmenten lange nicht so bedeutend ist, als später. Beiderlei Ringe stimmen in Größe und Form weit mehr mit einander überein und um so vollkommener, je geringer zugleich die Entwicklung der Extremitäten ist. In vielen Fällen, bei den Insekten mit sog. unvollkommener Metamorphose, ist diese freilich dieselbe wie im ausgebildeten Zustande, sonst aber ist es eine ziemlich allgemeine Regel (deren physiologische Nothwendigkeit später, in dem Capitel über die Entwicklung, weiter erörtert werden soll), daß bei den Larven der Insekten die Beine sehr viel kürzer und schwächer sind, als später. Sehr häufig zeigt hier auch der Fuß eine unvollkommenere Gestaltung. — Eine unmittelbare Folge dieser Anordnung ist die, daß die Skelethülle weniger fest, die Locomotion langsamer und beschwerlicher wird. Der Körper ist noch nicht, wie später, gestützt und von dem Boden, auf dem er sich fortbewegt, abgehoben; er liegt vielmehr bald in ganzer Länge, bald mit dem Hinterleibe auf demselben auf. Der letztere wird nun allerdings dadurch Gelegenheit zum Aufstemmen und Nachschieben des Körpers bekommen, allein das kann immer nur ein sehr kümmerlicher Ersatz seyn.

Aus dieser Unbeholfenheit der meisten Insektenlarven resultirt nun aber die teleologische Nothwendigkeit eines anderweitigen Schutzes gegen Nachstellungen u. s. w. Was die Natur hier durch den Mangel einer raschen Ortsbewegung versagt hat, gewährt sie durch die verborgene Lebensweise, den Aufenthalt in der Erde, in lebenden und modernden Thieren und Pflanzen, oder durch die Unscheinbarkeit der Farbe, die mit der Umgebung gewöhnlich übereinstimmt, oder durch eine Bekleidung mit Haaren und Dornen u. s. w.

In einigen Fällen sind aber auch noch besondere Vorkehrungen getroffen, die Bewegung zu erleichtern. Manche Raupen spinnen von dem Sekrete ihrer Spinndrüsen (S. 202) mehr oder minder vollständige Gewebe und Bahnen, die sie zwischen den Blättern ausspannen und zum Klettern benutzen. Die dickleibigen Larven namentlich von Schmetterlingen und Hymenopteren tragen am Abdomen besondere fußartige Anhänge, sog. Afterfüße, die an der Vermittlung der Ortsbewegung in direkter Weise, gleich den eigentlichen Extremitäten, sich betheiligen. Wie diese stehen die Afterfüße paarweise an den einzelnen Segmenten. Sie sind ungegliederte cylindrische Hervorragungen, die am äußern abgestumpften Ende eine saugnapfartige, von gekrümmten Hakenborsten umgebene Grube tragen und zum Festhalten beim Schreiten oder Klettern sich vortrefflich eignen.

Fig. 263.



Raupe des Seidenspinners, Bombyx mori.

Die Zahl, in der diese Afterbeine sich finden, wechselt nach den Bedürfnissen und kann bis auf 14 steigen. Bei den Schmetterlingslarven ist dieselbe gewöhnlich 10, in einzelnen, namentlich bei den sogenannten Spannerraupen, auch nur 4. In allen Fällen sind es aber die hinteren Körpersegmente, an denen diese Anhänge vorkommen. Die mittleren Segmente entbehren derselben in einer verschiedenen Ausdehnung, je nach der Zahl der Afterfüße.

Wie die Form, so ist übrigens auch der Gebrauch dieser Gebilde von den eigentlichen Extremitäten abweichend. Während die letzteren in alternirender Reihenfolge an den einzelnen Gliedern gebraucht werden, wirken die Afterfüße eines jeden Gliedes zusammen.

Eine besondere Modifikation dieser Bewegungsweise findet sich bei den oben erwähnten Spannerraupen, die wegen der geringen Zahl der Afterfüße einen sehr langen fußlosen

Mittelkörper besitzen und auch sonst durch eine dünne und schlanke Form ihres Leibes sich auszeichnen. Hier wird nämlich beim Gehen, nachdem zuerst der Vorderkörper durch die Thoracalbeine fixirt ist, das Ende des Hinterleibes mit den Afterfüßen erhoben und durch eine starke bogenförmige Krümmung des Mittelkörpers so weit nach vorn gezogen, daß die Larve in diesem Zustande die Form eines Ω darbietet. Jetzt befestigen sich die Afterfüße, die vorderen Beine lassen los und werden erst nach vorhergegangener Streckung des Leibes wieder aufgesetzt. Im Wesentlichen ist dieses übrigens derselbe Mechanismus der Bewegung der sich auch sonst an den einzelnen Hinterleibssegmenten der übrigen Raupen vorfindet, nur daß sich hier das Stützen und Fortwärtsschieben an einer größeren Menge kleinerer, hinter einander gelegener Abschnitte wiederholt. — Es gibt übrigens eine Anzahl von Insektenlarven, die, im Gegensatz zu der eben erwähnten Anordnung, eines jeden besondern Locomotionsapparates, auch der Extremitäten des Thorax, ermangeln. Diese bewegen sich auf verschiedene Weise, bald, indem sie auf der Bauchfläche kriechen, bald auch, indem sie im Wasser schwimmen. Das letztere geschieht durch abwechselnde Krümmungen und Streckungen des Körpers, dessen Segmente dann gewöhnlich bei einer ansehnlichen Länge eine geringe Dicke besitzen, das erstere dagegen, wie die Bewegungsweise der Raupen, durch ein Stützen und Fortwärtsschieben einzelner bald größerer, bald kleinerer Körperportionen, die dann vornehmlich an den wulstförmig vorspringenden Rändern der einzelnen Segmente ihre Stützpunkte finden. In manchen derartigen Larven (z. B. von der Schmeißfliege u. s. w.) sind übrigens auch die Mandibeln in eine gewisse Beziehung zur Locomotion getreten. Sie dienen als Hüftapparate zur Befestigung des Vorderkörpers und haben zu dem Zwecke, wie schon früher (S. 103) erwähnt worden, eine hakenartig gekrümmte Gestalt.

Es ist schon bei mehreren Gelegenheiten darauf hingewiesen worden, daß die Festigkeit des Skelets bei den Arthropoden mit der Verwendung und Ausbildung der Extremitäten in einem nachweisbaren Zusammenhange stehe. Es kann uns deßhalb auch nicht wundern, wenn wir bei verkümmerten Gliedmaßen ein eigentliches festes Skelet nicht mehr antreffen. Und solche Coexistenz wird um so erklärlicher, als ja mit der Festigkeit des Skelets zugleich die Starrheit des Körpers schwindet, und ein weicher Körper ohne Extremitäten durch die Möglichkeit der Formveränderung immer mehr Mittel zur Locomotion hat, als ein fester. Nur bei den fußlosen Schmarotzerkrebsen sehen wir eine feste Skelethülle; doch diese Thiere bedurften bei ihrer Lebensweise keiner ortsbewegenden Mittel, wohl aber (sie sitzen meist in der Kiemenhöhle der Fische) eines Schutzes. Und dieser wird ihnen durch eine festere Haut in hinreichendem Maaße. Die zarthäutigen Larven, die beweglich bleiben sollten, sind für den Mangel einer festen Hülle in anderer Weise (durch Lebensart und Aufenthalt) entschädigt. Wenn wir diesen fußlosen Insektenlarven nun aber immer noch ein Skelet (freilich nur ein häutiges) zuschreiben, so findet solches wohl darin seine Rechtfertigung, daß zahlreiche Mittelformen von da bis zu dem härtesten Panzer der Krebse u. s. w. hinführen. Außerdem findet sich in chemischer Hinsicht keine Verschiedenheit. Ueberall besteht die Haut der Arthropoden aus demselben Stoffe, dem Chitin.

Wie es aber scheint, ist das Vorkommen dieses Stoffes in den Umhüllungen des Körpers nicht ausschließlich auf die Arthropoden beschränkt. Auch bei den **Würmern** zeigen neuere Untersuchungen das Chitin in immer größerer Verbreitung. Dennoch besitzen diese Thiere — wenn wir einstweilen von den Bryozoen absehen, die man lange Zeit hindurch trotz des ganz abweichenden innern Baues zu den Polypen gestellt hat — kein eigentliches Skelet. Ihre Körperhaut ist weich und biegsam und gewöhnlich außerordentlich zart. Nur in seltneren Fällen wird sie etwas derber. Hier und da sind auch wohl Ablagerungen von Kalksalzen in dieselbe erfolgt, jedoch auch diese niemals in solcher Menge, daß sie zur Bildung eines wirklichen Skelets hätten beitragen können. Wir dürfen übrigens diese Abwesenheit eines Skelets nicht geradezu als ein unterscheidendes Merkmal der Würmer von den Arthropoden betrachten, um so weniger, als wir gesehen haben, daß auch die letzteren in manchen

Fällen kein starres Skelet besitzen und den höher entwickelten Würmern überdieß ein Körperbau zukommt, der durch die Entwicklung von förmlichen Segmenten und Segmentanhängen sich an den Körperbau der Arthropoden sehr nahe anschließt. Was aber eine größere Differenz zwischen diesen beiden Abtheilungen des Thierreichs bedingt, ist der Umstand, daß die Würmer niemals jene bei den Arthropoden so ausgesprochene Heteronomität in der Entwicklung dieser Theile zeigen. Ein jedes Segment, ein jeder Segmentanhang am Körper der Würmer ist auf dieselbe Weise gebaut, sey er vorn, in der Mitte oder hinten gelegen; niemals findet sich ein Kopf mit Freßwerkzeugen neben einer Brust mit Locomotionsapparaten und einem Abdomen.

Einen physiologischen Grund für die Abwesenheit des Skelets bei den Würmern finden wir in der Lebensweise dieser Thiere. Mit wenigen Ausnahmen leben sie im Wasser oder Schlamme oder doch sonst unter Verhältnissen, die eine allseitige Berührung des Körpers mit dem Medium erlaubt, in dem die Bewegung vor sich geht. Die Locomotion selbst ist einfach und langsam. Sie ist nicht mehr durch Extremitäten vermittelt, die den Körper stützen, sondern durch die Thätigkeit des ganzen Körpers, die nur bei den höheren Formen in besonderen locomotorischen Anhängen einige Beihülfe findet.

Wenn wir den Würmern (mit Ausnahme der Bryozoen) eben ein Skelet abgesprochen haben, so soll damit nicht gesagt sein, daß sie nun auch beständig einer äußern festen und schützenden Hülle ermangelten. Wir sehen im Gegentheil manche Würmer und zwar gerade unter den höher entwickelten Formen (namentlich den Kopfkiemern), die in einem besondern häutigen, lederartigen oder selbst kalkigen Gehäuse leben, das der Gliederung entbehrt, sonst aber im Allgemeinen die Gestalt des Körpers wiederholt. Indessen ist dieses mit dem eingeschlossenen Thiere in keinerlei anatomischem Zusammenhang; es ist ein bloßes Produkt des Thieres, das im Anfang fehlt und erst später aus dem Sekrete verschiedener drüsiger Apparate, und oft mit Hülfe äußerer fremder Körper (Sand, Muschelschalen u. dgl.) aufgebaut wird. Die Ortsbewegung wird durch ein solches Gebilde nicht gefördert, sondern vielmehr gehemmt. Die Schwere und Rigidität desselben zwingt die Thiere, zeitlebens an derselben Stelle zu verharren, wenn sie ihre Gehäuse nicht verlassen wollen. Gewöhnlich ist es überdieß auf irgend einer Unterlage befestigt und nicht einmal transportabel. Wie es scheint, ist indessen gerade die hierdurch bedingte Fixation an derselben Stelle neben dem Schutze der Zweck solcher Einrichtung. Die Gehäusewürmer leben an Orten und unter Verhältnissen, wo sie sonst durch die Strömungen des Wassers, durch den Wellenschlag u. s. w. gestört und behindert sein würden.

Fig. 264.



Gehäuse von Serpula, von ihnen die eine mit dem Thiere.

Die Muskelmasse der Würmer, die den locomotorischen Bewegungen vorsteht, bildet im Allgemeinen eine zusammenhängende schlauchartige Hülle um die Eingeweide und ist äußerlich von der Körperhaut überzogen. Die einzelnen Fasern, welche sie zusammensetzen, kreuzen sich nach den verschiedensten Richtungen, hauptsächlich nach der Länge und Quere, bilden aber meistens sehr regelmäßige über einander gelagerte Schichten, deren Fasern auf dieselbe Weise verlaufen. Diese Fasern sind nicht mehr quergestreift, wie bei den Wirbelthieren und Arthropoden. Sie sind von einem einfacheren Bau, schlicht, wie die sog. organischen Muskelfasern der höheren Thiere.

Quergestreifte Muskelfasern finden sich überhaupt fast nur in den genannten beiden Hauptabtheilungen des Thierreiches.

In augenscheinlicher Weise hängt dieser Umstand mit der Anwesenheit eines ortsbewegenden Skelets zusammen, das sich gleichfalls fast ausschließlich auf diese beiden Gruppen

beschränkt. Um diesen Zusammenhang zu begreifen, brauchen wir uns nur des bekannten Unterschiedes (S. 293) zwischen der Action der quergestreiften und schlichten Muskelfasern zu erinnern, zu berücksichtigen, daß die ersteren an Schnelligkeit, Präcision und — so dürfen wir wohl auch hinzufügen — an Energie die anderen bei Weitem übertreffen. Die Thiere mit ortsbewegendem Skelet besitzen nun aber durchschnittlich die schnellste, sicherste und manchfaltigste Locomotion, die ohne diese Eigenschaften des quergestreiften Muskelgewebes sich nicht erzielen lassen würde. Für die Produktion einer langsamern Bewegung, die im Allgemeinen mit der Abwesenheit eines locomotiven Skelets zusammenfällt, wird die schlichte Muskelfaser dagegen vollkommen ausreichen. Sie wird auch ferner hier um so zweckmäßiger seyn, als sie doch sicherlich an Schnelligkeit und Umfang des Stoffwechsels in gleicher Weise hinter der quergestreiften zurückbleibt.

Die Bewegungsweise der Würmer ist eine verschiedene, je nach der Form des Körpers, die wir im Allgemeinen als eine doppelte zu unterscheiden haben. Bei dem einen Theil der Würmer ist der Körper langgestreckt, dünn und cylindrisch, bei dem andern Theile kurz, breit und abgeflacht. Die ersteren bewegen sich durch abwechselnde Krümmungen und Streckungen des Körpers, die in verschiedener Zahl und Stärke sich wiederholen. Am manchfaltigsten kann solche Bewegung begreiflicher Weise da stattfinden, wo der ganze Leib, wie bei den Arthropoden, in Segmente getheilt ist und deßhalb sehen wir denn auch wohl bei den meisten frei lebenden Rundwürmern eine solche Segmentirung, während die verwandten Formen mit einem glatten, fadenförmigen Körper (die Nematoden) parasitisch im Innern anderer Thiere vorkommen, unter Verhältnissen, in denen auch eine geringere Beweglichkeit dem Nahrungs- und Schutzbedürfniß entspricht. Wie übrigens die Gliederung des Körpers im Speziellen auf die Bewegungsweise influirt, ist schon oben bei den Wirbelthieren angegeben worden. Die gegliederten Würmer verhalten sich zu den ungegliederten, wie etwa die Schlangen zu den Neunaugen. — Es ist aber nicht bloß die Segmentirung allein, welche in solchen Fällen die Locomotion erleichtert; an den Segmenten sind hier zu gleicher Zeit auch noch besondere Anhänge entwickelt, die rechts und links, am Rücken und Bauch sich in derselben Weise vorfinden und durch ihre Actionen den Effekt der übrigen locomotorischen Thätigkeiten verstärken. Diese Anhänge (vgl. Fig. 179) sind theils bloße Borstenbüschel, die aus der Haut hervorragen und durch eigene Muskeln hin und her bewegt werden können, auch sehr häufig auf besonderen äußeren Erhöhungen, den sog. Fußstummeln oder Ruderplatten, aufsitzen, theils auch noch andere faden- oder blattartige Gebilde (Gliedfäden u. s. w.), die dazu dienen, die Flächenausdehnung der Segmentanhänge zu vergrößern und den Gebrauch derselben wirksamer zu machen.

Fig. 265.



Nereis.

Bei den in Röhren lebenden Würmern beschränkt sich die Locomotion auf ein Auf- und und Niedersteigen in dem Gehäuse, das in ähnlicher Weise, wie bei den fußlosen kriechenden Insektenlarven, durch ein abwechselndes Stützen und Vorwärtsschieben der einzelnen Körpersegmente vermittelt ist. Zu diesem Ende sind denn auch die Borsten von einer besonderen Form, nicht haar- oder pfriemenförmig, wie gewöhnlich, sondern kurz und scheibenförmig, platt und am hervorragenden Rande mit einer wechselnden Anzahl gekrümmter Zähne versehen, die das Festhalten beim Aufstützen der Segmente sehr erleichtern. In ähnlicher Weise kriechen auch manche andere Würmer im Schlamm oder in der Erde, wie z. B. unser gewöhnlicher Regenwurm, dessen Körper noch dadurch ganz besonders hierzu eingerichtet ist,

daß er an der Bauchfläche, namentlich vorn, eine starke Abplattung darbietet, deren seitliche Ränder die sonst weiter nach dem Rücken zu stehenden dorsalen Borsten tragen. Die Borsten selbst sind kurz und dick, stummelförmig und nach Art eines S gebogen.

Wie wir erwähnten, findet sich nun aber bei sehr vielen Würmern auch eine andere, breite, kurze und flache Körpergestalt, die sich, wie man leicht einsehen wird, im Allgemeinen noch weniger, als die erstere, für eine rasche Bewegung eignet. Daher kommt es denn auch wohl, daß die meisten dieser Thiere unter Verhältnissen leben, die eine beschränkte oder doch langsame Locomotion ohne Gefahr für die Existenz zulassen. Die meisten dieser Würmer sind Parasiten; nur wenige leben frei und diese sind dann wohl immer noch mit besonderen locomotorischen Gebilden ausgerüstet. Die Ortsbewegungen der ersteren sind kriechend und beruhen darauf, daß aliquote Theile des Körpers abwechselnd befestigt und vorwärts gezogen oder geschoben werden. Zum Zwecke der Befestigung sind in vielen solchen Würmern besondere saugnapfartige Apparate in einfacher und mehrfacher Zahl entwickelt, die in den meisten Fällen, z. B. bei dem Blutegel, am hintern Ende des Leibes stehen, gleich den Afterfüßen der Raupen, mitunter aber auch bis an die vordere Körperspitze emporrücken. Das letztere findet sich z. B. bei den Bandwürmern, die gewöhnlich vier solcher Saugnäpfe besitzen, die durch ihre Gruppirung an die oben erwähnte, bei den Würmern sehr allgemeine Anordnung der Körperanhänge erinnern. Nicht selten ist auch die Mundöffnung durch eine eigene Entwicklung der Oberlippe zu einem ähnlichen saugnapfartigen Organe geworden. Jene Saugnäpfe dienen nun aber den parasitischen Würmern nicht bloß während der Bewegung zur Fixation des betreffenden Körpertheiles, sondern auch während der Ruhe. Sie sind zugleich Haftapparate, die in vielen Fällen um so nöthiger waren, als sie die Thiere befähigen, auch an Orten zu leben (auf der Haut, in der Kiemenhöhle der Fische u. s. w.), von denen sie sonst gar leicht durch die Strömungen des Wassers u. s. w. fortgespült werden könnten. Bisweilen sind die Saugnäpfe sogar mit besonderen hornigen Stäben und Haken bewaffnet, die den Nutzen derselben noch mehr erhöhen. In anderen parasitischen Würmern sind derartige Haftapparate aber auch unabhängig von den Saugnäpfen und dann beständig als größere oder kleinere Haken am Kopfende, bald in einfachem oder doppeltem Kreise um eine kleine buckelförmige Hervorragung (bei den Bandwürmern), bald auch in beträchtlicher Menge auf der äußern Fläche eines cylindrischen Rüssels (bei den Kratzern) vorhanden. Solche Haftapparate und Saugnäpfe fehlen nun freilich, wenn die Lebensweise keine parasitische ist, doch dann ist, wie erwähnt wurde, sehr allgemein zum Zwecke der freiern Bewegung eine anderweitige Einrichtung getroffen. Der Leib ist dann (bei den Strudelwürmern, ebenso im ersten Stadium des Lebens bei sehr vielen anderen Würmern, auch bei solchen, die später parasitisch leben) mit zahllosen sehr feinen Cilien bekleidet, die durch ihre fortwährenden Schwingungen die Thiere vorwärts treiben. Bei solcher Bewegungsweise ist übrigens der Körper keineswegs unthätig, man sieht an ihm dabei manchfache größere und kleinere wellenförmige Krümmungen, die theils bestimmend auf die Richtung der Bewegung influiren, theils auch die Action der Flimmercilien in ihrem Effekt unterstützen.

Fig. 266.



Blutegel.

Fig. 267.



c Kopfende einer Taenia, mit Hakenkranz a, und Saugnäpfen b.

Einer besondern Erwähnung verdienen unter den Würmern noch die Bryozoen, die, wie wir früher gesagt haben, die einzigen hieher gehörenden Thiere mit einem wirklichen

Fig. 268.



Bowerbankia.

Skelet sind. Das Skelet dieser Geschöpfe ist ein äußeres und dadurch entstanden, daß die Haut an der hintern Hälfte des cylindrischen Leibes zu einer festen kalkigen, hornigen oder gallertartigen Hülle von becherförmiger Gestalt erstarrte, in die der vordere weiche und biegsame Theil des Leibes durch besondere Muskeln hineingestülpt werden kann.

Die Bedeutung dieses Skelets für die Lebensweise ist dieselbe, wie die des äußern Gehäuses bei den Röhrenwürmern. Das Skelet der Bryozoen ist ein Hemmniß der Locomotion und am hintern Ende auf fremden Körpern befestigt, bald bei einem jeden einzelnen Individuum, wenn diese isolirt leben, bald bei einer größern Anzahl zusammenhängender Individuen.

Nahe verwandt mit den Bryozoen ist eine andere kleine Gruppe von Würmern, die Gruppe der Räderthiere (Fig. 23), die man früher den Infusorien zurechnete. Diese Geschöpfe sind frei beweglich und zwar gewöhnlich durch Hülfe des sog. Räderorganes, das schon an anderen Stellen (bei der Respiration und Ernährung) von uns berücksichtigt ist und aus einem Kranze großer, der Willkür unterworfener Flimmerhaare am Vorderleibsende besteht. Wo die bewegende Kraft dieses Apparats zur Locomotion benutzt ist, da bildet der größere Theil des Körpers eine gemeinsame, von einem ziemlich starren Panzer *) umschlossene Masse, aus der am hintern Ende ein dünnerer Schwanz hervorragt, der vornehmlich als Steuer wirkt. Ist aber die Kraft des Räderapparats zu gering, den Körper vorwärts zu treiben, dann sind die Thiere durch eine zartere, biegsame Beschaffenheit und Ringelung der Haut befähigt, nach Art der Spannerraupen oder Blutegel zu kriechen, indem sie abwechselnd ihren Mund und das in zwei kurze, steife Spitzen auslaufende Hinterleibsende zum Festhalten gebrauchen.

Im Gegensatz zu den Würmern gibt es unter den Mollusken nur wenige nackte Arten, die einer äußern festen Körperhülle entbehren. Und selbst unter diesen ist vielleicht kaum eine einzige völlig skeletlos. Sie erscheinen nur nackt, entweder weil das Skelet wegen seiner rudimentären Entwicklung unter der Hautoberfläche des Körpers verborgen bleibt (wie bei den meisten Cephalopoden, unseren Wegschnecken u. s. w.), oder weil es, als ein bloßes embryonales Gebilde, in seinem Vorkommen sich auf das Larvenleben beschränkt und später verloren geht (wie bei den Nacktkiemern). Außer dem äußern Skelet besitzen die höchst entwickelten Mollusken, die Cephalopoden, auch noch ein inneres Knorpelskelet, dessen schon oben Erwähnung geschehen ist. Zur Ortsbewegung hat dieses nur geringe Beziehung, nur insofern, als es für manche locomotorische Muskeln einen festen Insertionspunkt abgibt.

Das äußere Skelet der Mollusken erscheint nach seinem morphologischen Verhältniß zum Körper ein doppeltes. In dem einen Fall findet es sich im ganzen Umfang des Leibes und ist dann nichts Anderes, als die verdickte und fest gewordene äußere Körperhaut, die eine knorpelige oder lederartige Beschaffenheit angenommen hat und merkwürdiger Weise nach ihrer chemischen Zusammensetzung mit der Cellulose der Pflanzen völlig übereinstimmt. Es ist aber nur eine geringe Anzahl der Mollusken, die uns solche Verhältnisse bietet, nur die kleine, in vieler Beziehung so interessante und abweichende Gruppe der Tunicaten. In der Mehrzahl der Mollusken erstreckt sich das Skelet nicht über den ganzen Umfang des Leibes, sondern beschränkt sich auf die Rückenfläche des Hinterkörpers, die von einer besondern häutigen Duplicatur der äußeren Bedeckungen, dem sogenannten Mantel, umhüllt ist. Es er=

*) Es ist dieses der einzige Fall unter den Würmern, wo die skeletartige Hülle des Körpers zu der Ortsbewegung einige Beziehung hat. Wir haben denselben oben außer Acht gelassen, können ihn aber hier um so weniger übergehen, als uns das in einigen dieser Thiere beobachtete Vorkommen von quergestreiften Muskelfasern einen Beweis von der Richtigkeit der vorhin ausgesprochenen Ansicht über das Wechselverhältniß zwischen diesen und dem ortsbewegenden Skelet gibt.

scheint dann als ein verschieden gestaltetes, größeres und kleineres Gehäuse, das gewöhnlich durch Festigkeit und Kalkreichthum sich auszeichnet, in anderen Fällen aber auch eine mehr hornige oder selbst gallertartige Beschaffenheit hat. Wenn dieses Gehäuse äußerlich nicht sichtbar ist, hat es die Gestalt eines ovalen oder länglichen Schildes, das an Größe sehr weit hinter dem Körper zurückbleibt. Es ist dann in einer besondern Hülle des Mantels und meistens oberhalb des Respirationsorganes (wo es gewiß beim Austreiben des Wassers oder der Luft aus der Kiemenhöhle sehr passend wirken kann) verborgen, ohne jedoch mit den Wandungen derselben in irgend einer Verbindung zu stehen. Sobald es aber nach außen hervortritt, überwölbt es in der Regel — ausgenommen ist z. B. das Gen. Testacella (Fig. 269), deren Gehäuse die Größe und Lage eines innern Schildes wiederholt — den ganzen Mantel, ist dann aber weder vollkommen frei, noch etwa an der ganzen innern Fläche damit verwachsen, sondern nur an einer beschränkten, meist einfachen oder doppelten Stelle durch einen besondern Schalenmuskel mit dem umschlossenen Thiere in Zusammenhang. Man sieht hieraus, daß das Gehäuse der Mollusken weder geradezu die verhärtete äußere Haut dieser Thiere ist, noch auch ein bloßes erstarrtes Absonderungsprodukt, das sich etwa im Umkreis des Körpers angehäuft hat. Wie schon an einer andern Stelle erwähnt ist, steht das Gehäuse der Mollusken nach seiner Relation zu dem Körper zwischen diesen beiden Formen der skeletartigen äußeren Umhüllungen. Die erste Bildung des Gehäuses beginnt schon sehr frühe, während des Eilebens, zu derselben Zeit, in der auch die übrigen Gewebe und Organe des Körpers sich bilden, und zwar durch die Umwandlung einer äußern Zellenschicht, die bis auf eine beschränkte Stelle (den Ansatzpunkt des Schalenmuskels) von den unterliegenden Körpertheilen sich abhebt. Das spätere Wachsthum des Gehäuses wird durch ein kalkreiches, von dem Mantel, namentlich dem Rande desselben, geliefertes Sekret vermittelt, das an die Schale sich ansetzt, nachdem es vorher häufig durch ein besonderes mehr oder minder lebhaftes Pigment gefärbt ist. Gerathen zwischen Mantel und Schale zufällig einzelne Sandkörner, Eier u. dgl. kleine fremde Körper, so werden auch diese häufig von dem Sekrete überzogen und bilden dann bei einzelnen Arten von Mollusken die unter dem Namen der Perlen bekannten kostbaren Concremente.

Fig. 269.



Testacella, mit sehr kleinem Gehäuse.

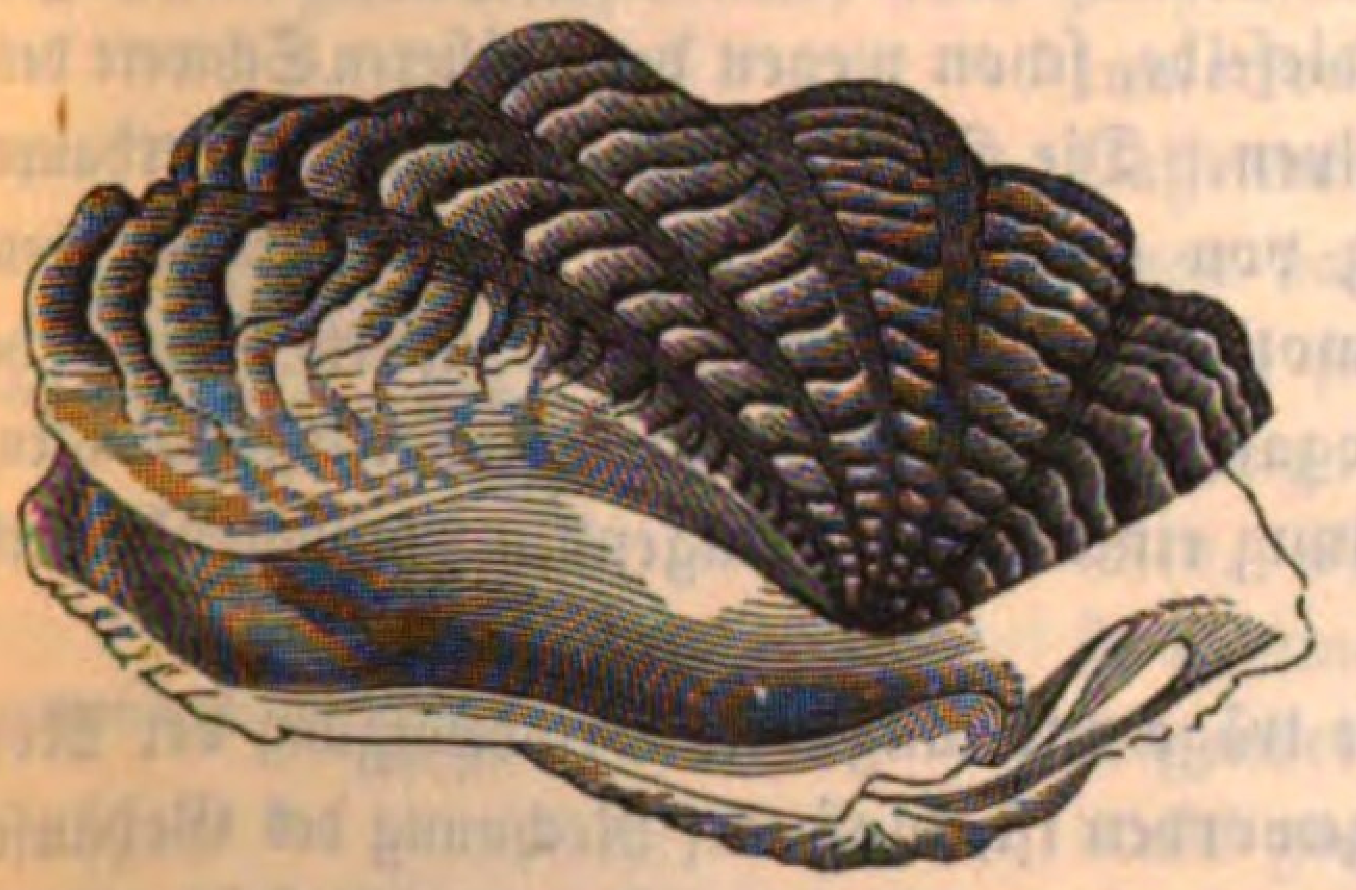
Die einfachste Form, unter der das Gehäuse aber nur bei einigen Gasteropoden vorkommt, ist die Form eines runden oder ovalen Schildes mit vorspringendem Nabel. Bei dem Gen. Chiton ist dieser Schild auffallender Weise in eine Anzahl querer, beweglich hinter einander liegender Schienen zerfallen, deren Anwesenheit dem Körper die Fähigkeit gibt, sich zusammenzukugeln. Sonst bleibt das Gehäuse der Gasteropoden beständig einfach. Nur insofern unterliegt es einer Umgestaltung, als es sich sehr häufig durch Verlängerung des Nabels zu einer mehr oder minder langen kegelförmigen Röhre streckt, die sich gewöhnlich in dieser und jener Richtung spiralig windet. Es mag genügen, hier auf die sog. Häuser unserer gewöhnlichen Garten- oder Sumpfschnecken hinzuweisen, die solche Bildung zeigen, obgleich die Zahl der Beispiele sich bei der fast unendlichen Manchfaltigkeit in der Gestalt der Schale leicht vermehren ließe. Die sog. Blattkiemer oder Acephalen (Fig. 271) haben eine doppelte Schale. Bei ihnen (so kann man annehmen) ist der einfache Rückenschild der Gasteropoden durch eine mittlere Längsspalte in eine rechte und linke Hälfte zerfallen, die den Körper zwischen sich nehmen, auf dem Rücken aber immer noch durch ein elastisches Band unter sich zusammenhängen. — Die wesentlichste Bedeutung der

Fig. 270.



Schale einer Süßwasserschnecke, Paludina.

Fig. 271.



Schale von Tridacna.

Schale ist die eines Schutzapparates und diese kann natürlich um so mehr erfüllt werden, je stärker und umfangreicher die Schale erscheint. Es ist in dieser Beziehung nicht ohne Interesse, wenn wir wahrnehmen, wie im Allgemeinen bei den die Küste bewohnenden Mollusken eine dickere und festere Beschaffenheit des Gehäuses vorkommt, als bei denjenigen Arten, die in der hohen See leben; wenn ferner die Süßwassermollusken weit zartere Schalen besitzen, als die oceanischen Formen — je nach dem Schutzbedürfniß, das ebenso wechselt, als Lebensweise und Aufenthalt.

Durch die Muskelverbindung zwischen Thier und Schale wird natürlich dem Schutzbedürfniß noch vollständiger entsprochen, als es sonst der Fall seyn könnte. Die Gasteropoden werden sich bei der Contraction des Schalenmuskels in das Gehäuse zurückziehen und meistens — es hängt das von der Größe der Schale ab — ganz vollständig. In diesem Fall wird dann noch gewöhnlich (so wenigstens bei den sehr zahlreichen größeren Seeschnecken mit conischem Gehäuse) die Oeffnung des Gehäuses durch einen eigenen hornigen oder kalkigen Deckel, der dem Ende des Fußes anhängt, verschlossen. In ähnlicher Weise sind auch die Bivalven im Stande, sich zwischen ihre Schalen zurückzuziehen und diese bis zum vollständigen Schluß der äußeren Ränder einander zu nähern.

Dieselbe Muskelverbindung sichert den Mollusken aber auch die Möglichkeit einer Ortsveränderung. Ohne sie würden diese Thiere eben so stationär bleiben müssen, wie die Gehäusewürmer, oder doch der Gefahr eines Verlustes zu sehr ausgesetzt seyn. Sollte Gehäusebildung und Locomotion in demselben Geschöpfe vereinigt seyn, so mußte eine Einrichtung, wie wir sie hier sehen, am zweckmäßigsten erscheinen. — Nur in einigen wenigen Fällen ist durch die Befestigung der Schale auf äußeren fremden Körpern die freie Ortsbewegung aufgehoben. So bei den Ascidien unter den Tunicaten, bei den Austern u. a. unter den Bivalven, selbst bei einzelnen Seeschnecken (Vermetus u. s. w.).

Während in solcher Weise das Skelet bisweilen als ein wirkliches Hemmniß der Locomotion erscheint, ist es in einigen anderen Mollusken dagegen ein sehr wichtiges Mittel zur Ortsbewegung, wie namentlich bei den Salpen (Fig. 35), die den Tunicaten zugehören. Hier erscheint das äußere Skelet als eine cylindrische Röhre, die an beiden Enden offen ist und eine kanalförmige weite Höhle, die sog. Athemhöhle, umschließt. Durch eine Anzahl bandförmiger Muskeln, die abweichender Weise (jedoch in völliger Uebereinstimmung mit dem, was wir oben von der Relation des Muskelgewebes zu dem ortsbewegenden Skelet gesagt haben) eine Querstreifung zeigen, ist die Athemhöhle ringförmig umgeben. Bei der Contraction dieser Muskeln wird die Athemhöhle verengt und das eingeschlossene Wasser aus der einen hintern Oeffnung ausgestoßen, indem der Austritt aus der gegenüberliegenden vordern Oeffnung durch eine besondere Klappeneinrichtung verhindert ist. Die Kraft, mit der dieses Ausstoßen des Wassers geschieht, ist dieselbe, mit welcher der Körper in entgegengesetzter Richtung vorwärts getrieben wird. Derselbe Mechanismus der Bewegung findet sich auch bei den zusammengesetzten Ammenformen der Salpen (vgl. über diese das Kapitel von der Entwicklung). Hier muß aber natürlich die Contraction der Muskelgürtel in allen Individuen gleichzeitig erfolgen, was um so auffallender erscheint, da die Vereinigung jener Individuen eine bloße äußere ist. Um diese Gleichzeitigkeit genügend zu erklären, bleibt nur die Vermuthung übrig, daß die Contraction des einen Individuums in den benachbarten eine gleiche Bewegung als Reflexäußerung hervorrufe.

In ähnlicher Weise findet auch bei manchen Bivalven (z. B. Pecten) durch eine plötzliche Zusammenziehung der beiden Schalenklappen und das damit verbundene Ausstoßen des umschlossenen Wassers eine Ortsbewegung statt, obgleich dieselbe, schon wegen der größeren Schwere des Körpers, viel beschränkter ist, als bei den Salpen. Die Schwere der Schalen ist überhaupt bei allen Gehäusemollusken auf die Bewegung von einem mehr oder minder beträchtlichen Einfluß. Freiheit und Schnelligkeit der Locomotion wird sehr allgemein dadurch beeinträchtigt. Manche größere Arten werden dadurch sogar zu völliger Bewegungslosigkeit gezwungen, so daß es scheint, als hätte die Größenentwicklung eines gehäusetragenden Molluskenkörpers in diesen seine Grenze erreicht.

Man würde übrigens irren, wenn man die träge und langsame Ortsbewegung der Mollusken, die zu einem förmlichen Sprüchwort geworden ist, bloß auf Rechnung des Gehäuses schöbe. Auch die nackten Arten besitzen fast durchgehends dieselbe Schwerfälligkeit. Es ist weit natürlicher, in dieser das teleologische Motiv für die Anwesenheit der Schale zu sehen. Jedenfalls ist es erklärlich, daß unter solchen Umständen ein Schutzapparat, wie das Gehäuse ihn bildet, sehr erwünscht seyn mußte. Die nackten Schnecken sind durch Färbung, Lebensweise, vielleicht auch größere Fruchtbarkeit für den Mangel der Schale entschädigt. Zum Theil sind sie auch durch eine günstigere Anordnung der Locomotionsorgane zu schnellerer Bewegung befähigt, wie die nackten Pteropoden und Cephalopoden.

Das vorzüglichste, in den meisten Fällen auch das einzige Locomotionsorgan der Mollusken ist der sog. **Fuß**, ein ansehnliches muskulöses Gebilde, das an der Bauchfläche des Leibes eine Strecke hinter der Mundöffnung beginnt und in größerer oder geringerer Längenausdehnung von da hinabläuft.

Fig. 272.



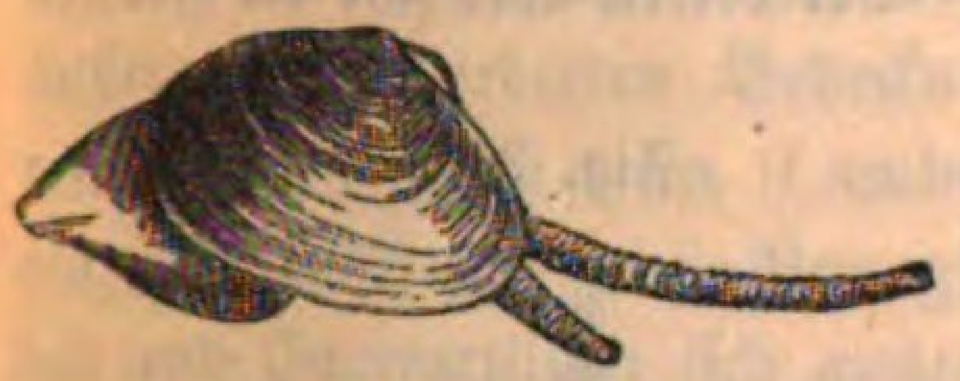
Lymnaeus stagnalis.

Bei den Gasteropoden hat dieser Fuß in der Regel eine untere scheibenförmige Fläche, die bei der Locomotion auf einer festen Unterlage, auf dem Boden, auf Steinen, Pflanzen oder selbst an der äußern Wasserfläche (wobei dann der schwere Körper nach unten herabhängt) aufliegt und durch abwechselnde, von hinten nach vorn auf einander folgende Querrunzeln vorwärts geschoben wird. Sehr leicht kann man sich von diesem Muskelspiel, durch welches die Sohle an einzelnen Stellen fast unmerklich erhoben und fixirt wird, überzeugen, sobald man z. B. unsere gemeine Gartenschnecke auf einer durchsichtigen Glasplatte fortkriechen läßt. Der Mechanismus der Bewegung ist im Wesentlichen derselbe, wie bei manchen fußlosen Insektenlarven, nur daß die Zahl der Bewegungswellen am Körper viel größer und die Befestigung (wegen der zweckmäßigern Anordnung der Muskelfasern, zum Theil auch wegen der feuchten Beschaffenheit (vgl. S. 205) der Hautoberfläche) inniger ist. Bei einigen Seeschnecken sind in die Muskelmasse des Fußes zahlreiche kleine, stab- oder nadelförmige Krystalle eingebettet, bald einzeln, bald unregelmäßig und drusenförmig gelagert. Mit dem einen Ende stehen diese Gebilde hervor und machen dadurch den Fuß zu einem förmlichen Reibapparate. Solcher Ausrüstung verdanken manche Mollusken die Fähigkeit, in Holz, Stein u. s. w. mehr oder minder tiefe Löcher und Gänge zu bohren.

Unter den Bivalven vermögen übrigens nur wenige kleinere Arten nach Art der Gasteropoden umherzugleiten. Bei den meisten ist die Locomotion sehr viel beschränkter, theils, weil der Bau der Schalen sich dazu weniger eignet, theils auch, weil die Bildung des Fußes eine andere ist. Die manchfachen Formverschiedenheiten desselben wollen wir hier übersehen;

wir wollen bloß erwähnen, daß er im Allgemeinen weit schmaler ist, bald beilförmig von den Seiten zusammengedrückt, bald zungenförmig, bald keulenartig. Zum Zwecke der Locomotion wird nun dieses Gebilde nach vorn aus den klaffenden Schalen hervorgestreckt, bis er irgendwo einen passenden Anhaltspunkt findet. Hat er sich an diesem saugnapfartig befestigt, dann erfolgt eine Verkürzung, durch die der Körper nach vorwärts gezogen wird. Mitunter ist übrigens der Fuß bei den Bivalven so rudimentär, daß er nicht einmal mehr als ortsbewegendes Werkzeug dienen kann. Die Locomotion ist dann gewöhnlich, wenn sie nicht auf anderem Wege vermittelt wird (wie bei Pecten), der Willkür entzogen und auf die zufälligen Lagenveränderungen durch Wellenschlag, Strömung des Wassers u. dgl. beschränkt. Bei der Auster und anderen mit festsitzender Schale fehlt der Fuß sogar vollkommen (wie auch bei den Tunikaten). Eine eigenthümliche Umformung hat der Fuß bei einer Anzahl von Muschelthieren erlitten, die der selbstständigen Locomotion gleichfalls entbehren, jedoch nicht durch die Schale, sondern mit Hülfe einer eigenen fadenförmigen Masse von horniger Beschaffenheit, des sog. Byssus, an fremden Körpern festgeheftet sind. Dieser Byssus wird von einem besondern drüsigen Apparate geliefert, der in dem Fuße eingebettet liegt und durch den vordern zungenförmigen Theil desselben zu Fäden ausgesponnen wird.

Fig. 273.



Tellina, mit vorgeschobenem Fuß und Athemröhren.

Wie in allen diesen Fällen, ebenso hat der Fuß auch bei den Cephalopoden seine ortsbewegende Function verloren. Er ist hier zu einem hohlen trichterförmigen Gebilde (Fig. 187) geworden, das am hintern Körperende aus der Mantelhöhle hervorragt und als Auswurfsrohr für den Koth u. s. w. dient. Die Cephalopoden bewegen sich kriechend, indem sie dabei die mächtigen, meist mit Saugnäpfen versehenen cylindrischen Arme im Umkreis der Mundöffnung gebrauchen, oder auch schwimmend, nach Art der Salpen, indem das durch die Contraction des Mantels aus der Athemhöhle durch den Trichter ausströmende Wasser den Körper bogenförmig vorwärts stößt. (Seefahrer berichten uns zuverlässiger Weise, daß gewisse Cephalopoden die Fähigkeit haben, ziemlich hoch über den Wasserspiegel zu springen. Sie fallen manchmal auf das Verdeck von Schiffen. Ob auch dieß durch das rasche Ausstoßen des Wassers aus dem Trichter möglich wird, mag dahin gestellt bleiben.) Ueberdieß sind in vielen Cephalopoden noch an den Seiten des Mantels besondere lappenartige Flossen

Fig. 274.



Octopus.

entwickelt (Fig. 275), die von eigenen knorpeligen Stäben getragen werden und sehr vollkommene Schwimmbewegungen gestatten, wie die Flossen der Rochen.

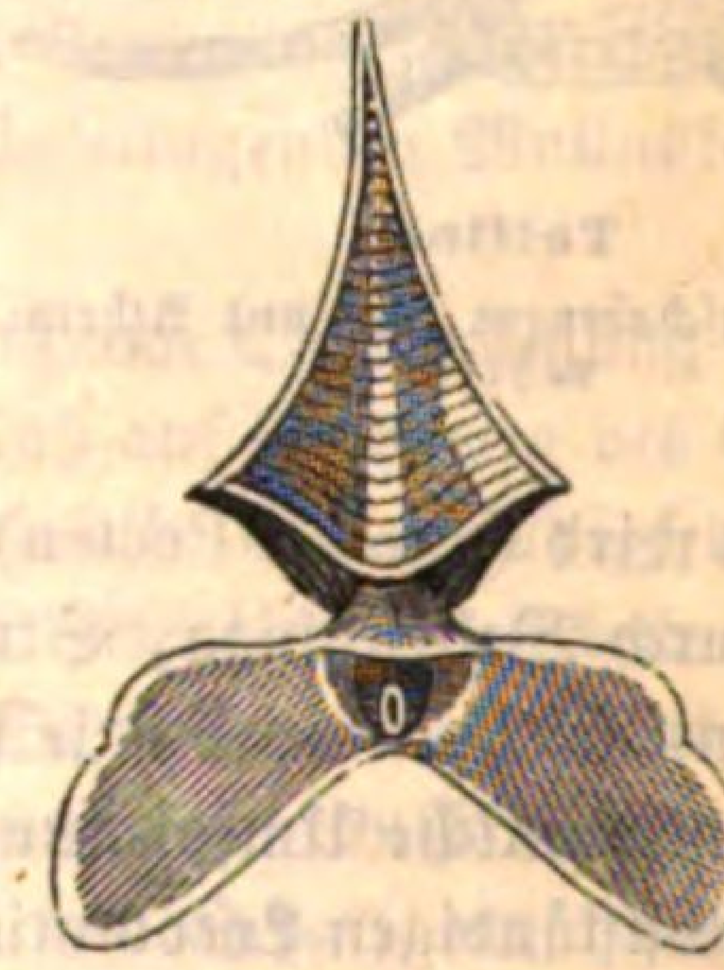
Es gibt übrigens auch unter den Gasteropoden einige schwimmende Arten, die mit ähnlichen Flossen am Vorderkörper (Fig. 276) ausgerüstet sind. Bei diesen aber sind die Flossen

Fig. 275.



Loligo vulgaris.

Fig. 276.



Hyalaea.

aus einer Umwandlung des Fußes entstanden, der sich sehr beträchtlich in der Breite entwickelt hat, nicht Neubildungen, wie bei den Cephalopoden. Ebenso wissen wir von den Embryonen mancher Seeschnecken (der Nacktkiemer u. a.), daß sie im Wasser umherschwimmen und zwar durch die Bewegungen von mächtigen Cilien, die am Rande eines besondern flügelförmigen Apparates (des sog. Segels) zu den Seiten der Mundöffnung eingepflanzt sind. Erst später, wenn die Cilien verloren gehen und die Flügel des Kopfes einschrumpfen oder auch gänzlich verschwinden, wird die Bewegung eine andere. Auch die Bivalven haben in den ersten Stadien des Lebens ähnliche Locomotionsapparate. Es ist überhaupt ein ganz allgemeines Gesetz, daß die Thiere zu irgend einer Zeit ihres Lebens eine selbstständige locomotorische Fähigkeit besitzen, die allerdings gar häufig, und so namentlich bei den festsitzenden Arten, nur auf eine kurze embryonale Periode sich beschränkt. Auch die Ascidien beweisen solches. Sobald sie aus dem Ei schlüpfen, haben sie einen ansehnlichen cylindrischen Anhang, wie einen Schwanz, dessen peitschenförmige Bewegungen den Körper vorwärts treiben. Erst später setzen diese Thiere sich fest und verlieren dann den Schwanz.

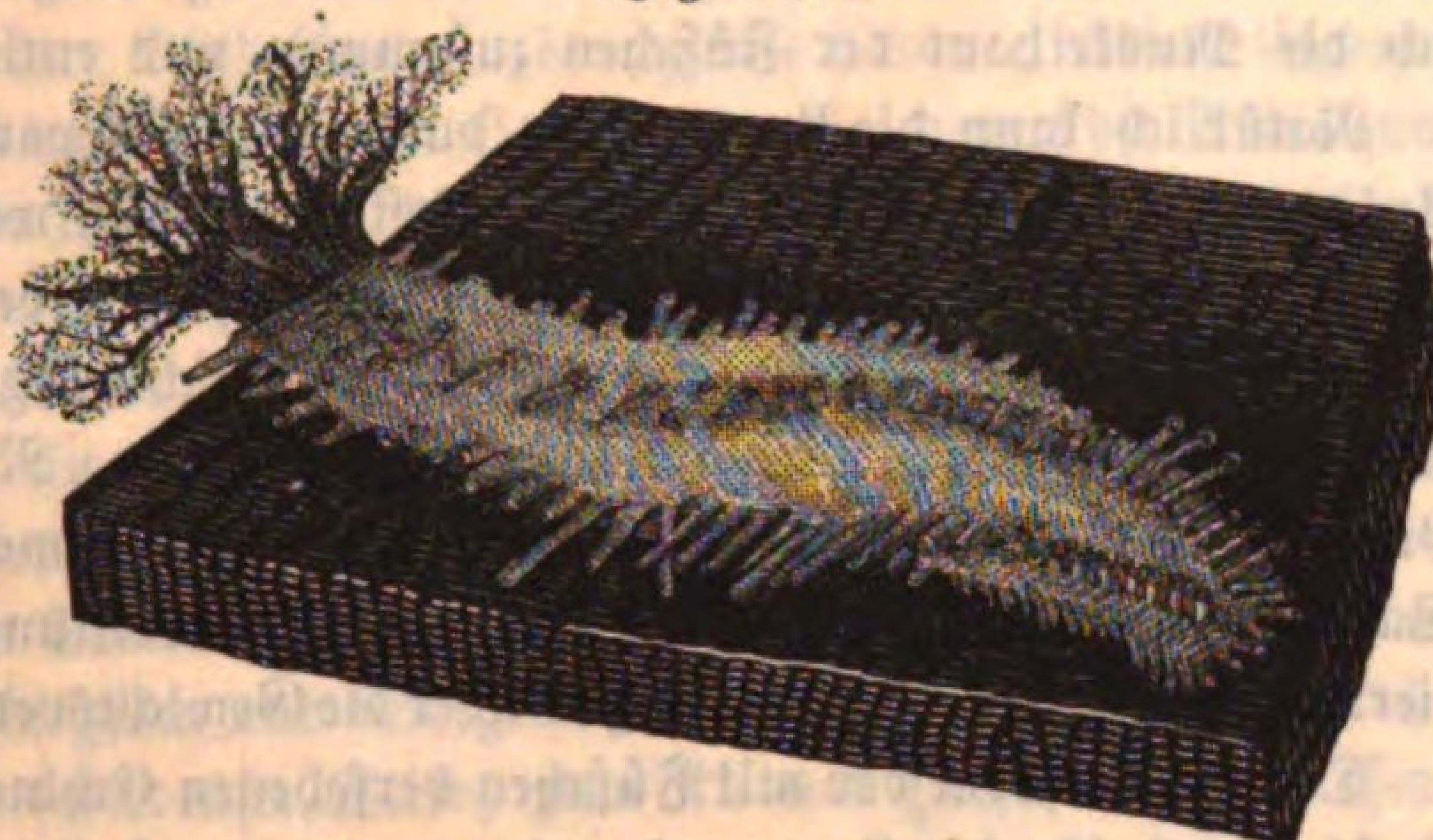
Unter den Echinodermen gibt es, wie unter den Mollusken, nur wenige skeletlose Arten (Sipunculus u. s. w.). Durch Körperform, Beschaffenheit der äußeren Bedeckungen und Mechanismus der Bewegung schließen sich diese sehr nahe an die Rundwürmer an, so daß man schon mehrere Male versucht hat, sie damit zu vereinigen. Was sie indessen schon äußerlich von diesen unterscheidet, ist die völlige Abwesenheit der Segmente und Segmentanhänge, die gedrungene Kürze des Leibes. Es ist leicht einzusehen, daß solche Verschiedenheit nicht ohne Einfluß auf die locomotorischen Fähigkeiten seyn werde, daß die Ortsbewegung der wurmförmigen Echinodermen noch beschränkter seyn müsse, als die der Ringelwürmer. Damit stimmt es überein, daß wir sehen, wie jene Thiere nicht frei im Wasser umherschwimmen, sondern im Schlamm und Meeressand graben, wozu sie nicht selten noch mit besonderen Einrichtungen versehen sind.

In der Mehrzahl der Echinodermen sind dagegen die äußeren Bedeckungen durch eingelagerte Kalksalze zu einem schützenden Skelet erhärtet, das allerdings, je nach der verschiedenen Menge dieser Salze, eine wechselnde, bald lederartige, bald auch festere Beschaffenheit darbietet, doch überall starr genug ist, um eine Bewegung des Körpers nach Art der Würmer zu verhindern. Die Echinodermen würden bewegungslos seyn, wenn nicht entweder das Skelet selbst in den Dienst der locomotorischen Kräfte träte, oder durch anderweitige neue Vorrichtungen für die Ortsbewegung Sorge getragen würde. Das Letztere ist das Gewöhn-

lichere. Nur sehr wenige Echinodermen (wenigstens unter den Arten der Jetztwelt) entbehren der Locomotion, indem sie durch das stielförmig ausgezogene Hinterleibsende festgeheftet sind.

Die ortsbewegenden Apparate, deren Anwesenheit durch die Skeletbildung in den äußeren ungegliederten Bedeckungen nöthig geworden ist, bestehen aus zahlreichen röhrenförmigen Füßchen (ambulacra), die durch eine große Beweglichkeit und Contractilität sich auszeichnen und gewöhnlich in regelmäßiger radiärer Gruppirung, meist in fünf Meridianen, so daß sie alle Richtungen beherrschen, auf der Oberfläche des Körpers hervorragen. Zum Zwecke der Locomotion verlängern sich diese Füßchen und suchen tastend umher, bis sie einen festen Gegenstand gefunden haben, an dem sie sich befestigen, was um so leichter und inniger geschehen kann, da sie am Ende eine kleine saugnapfartige Platte tragen. Erfolgt dann eine Verkürzung der Füßchen, so wird der ganze Körper trotz seiner Schwere und Unbehülflichkeit in ähnlicher Weise wie bei manchen Bivalven nach dem Fixationspunkt hinbewegt.

Fig. 277.



Holothuria.

Damit diese Ambulacra sich in gehöriger Weise bewegen können, stehen ihre inneren Hohlräume mit einem besondern gefäßartigen Apparate, dem sog. Wassergefäßsystem, in Verbindung. Durch dieses werden sie mit Flüssigkeit gefüllt und ausgedehnt, so daß sie gewissermaßen in einen Zustand der Erection gerathen.

Es besteht dieser Apparat aus einem Ringkanal, der den Pharynx umfaßt und fünf radiäre Stämme aussendet. Diese verlaufen unter den Ambulacralreihen und stehen durch zahlreiche kurze Zweige mit den einzelnen Füßchen in Verbindung. Der Inhalt dieser Gefäße, der durch eine Auskleidung von schwingenden Cilien umherbewegt wird, ist Wasser mit zahlreichen Körnchen und Kügelchen. Zur Aufnahme des Wassers dient ein besonderer schlauchartiger Beutel, der an dem Ringgefäße anhängt und von zahlreichen kleinen Oeffnungen durchbohrt ist. Eingelagerte Kalkstäbe halten diese Oeffnungen offen. Sie finden sich oft in solcher Menge, daß der ganze Schlauch dadurch incrustirt wird. Bei solcher Anordnung hat derselbe den Namen des Steinkanals erhalten.

Fig. 278.



Seestern.

Bei *a* die Madreporenplatte.

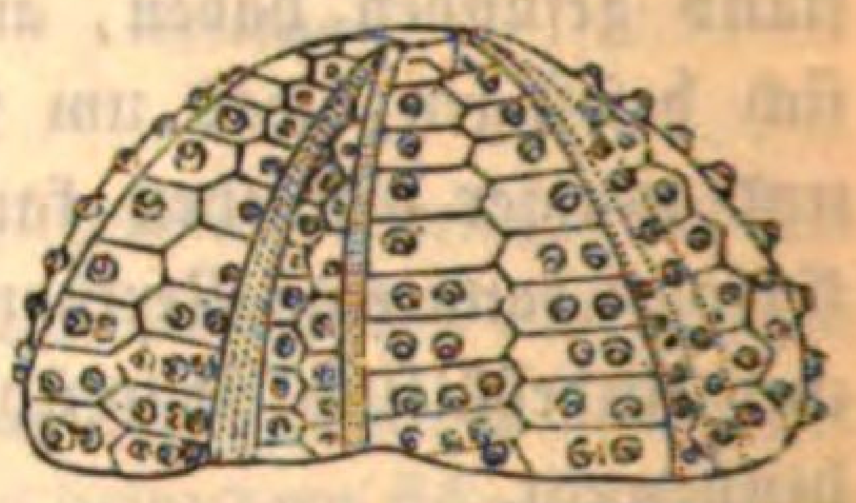
Bei den Holothurien hängt dieser Schlauch frei in die mit Wasser gefüllte Leibeshöhle hinein. Bei den Seeigeln und Seesternen (Fig. 278) dagegen ist er

mit dem Skelet verwachsen, in den meisten Fällen sogar äußerlich sichtbar. Die sog. Madreporenplatte, eine rundliche Scheibe in dem einen Interradialraum, ist nichts als das siebförmig durchlöcherte Ende des Steinkanals.

Die Flüssigkeit dieses Gefäßapparats wird durch besondere contractile Bläschen an der Basis der einzelnen Ambulacra (Ambulacralbläschen) in dieselben hineingetrieben. Von dem Grade der Füllung hängt dann die Verlängerung ab. Sollten sie sich verkürzen, so zieht sich die Muskelhaut der Füßchen zusammen und entleert den Inhalt in das Gefäßsystem.

Natürlich kann die Locomotion durch solche Apparate nur langsam und schleppend seyn. Auf dem Lande würde die Bewegung fast unmöglich werden. Auch der strahlenförmige Bau des Körpers würde hier ein großes Hemmniß abgeben. Daß die seitliche Symmetrie des Körpers bei den höheren Thieren mit der Schnelligkeit und Energie der Locomotion in innigster Beziehung stehe, läßt sich leicht einsehen. Nur eine gleichmäßige Vertheilung des Gewichtes und der bewegenden Kräfte wird jene locomotorischen Leistungen zulassen. Nur im Wasser kann der radiäre Bau für vollkommenere Leistungen solcher Art ausreichen. (Man vgl. hierüber die späteren Bemerkungen über die Gewichtsvertheilung im beweglichen Thierkörper.)

Fig. 279.



Skelet des Seeigels, Cidaris, ohne die Stacheln.

Die Körperform der mit Füßchen versehenen Echinodermen ist übrigens für die Locomotion immer noch möglichst zweckmäßig. Die Schwierigkeiten würden beträchtlich wachsen, wenn der Körper dünn und langgestreckt wäre, wie bei den wurmförmigen Arten ohne Skelet und Ambulacra. So aber ist das Körpergewicht möglichst concentrirt, die Form des Leibes kurz und gedrungen (wodurch auch natürlich die Flächenausbreitung und Schwere des Skelets verringert ist), gurkenförmig, sphärisch oder selbst von den Polen scheibenförmig abgeplattet.

Bei den sphärischen Arten ist das Skelet am festesten, aus lauter regelmäßigen Täfelchen zusammengesetzt. Eine Veränderung der Körpergestalt, die sonst, wenn auch in sehr beschränktem Maaße, noch stattfindet, ist hier unmöglich. Dazu sind die Füßchen — in Folge der Körpergestalt — verhältnißmäßig weiter als sonst von einander entfernt, können also beständig nur an einem kleinen Segmente in derselben Richtung wirksam seyn. Es scheint unter solchen Verhältnissen nicht ohne Bedeutung, daß diese Thiere auf ihrer Oberfläche noch mit besonderen mehr oder minder langen, starken und beweglichen Stacheln versehen sind, die schon auf directem Wege zur Locomotion beitragen mögen, den Körper aber auch dadurch noch beweglicher machen, daß sie denselben über den Boden erheben, den Schwerpunkt also höher rücken und den ganzen Leib in eine labile Stellung versetzen.

Fig. 280.



Comatula.

Bei den platten, scheibenförmigen Arten der Seesterne ist die Anwesenheit der Füßchen auf die eine Körperfläche beschränkt, und zwar auf die vordere Mundfläche, die bei der Bewegung die untere ist; offenbar wegen der Beziehung der Locomotion zu der Nahrungsaufnahme. In vielen dieser Echinodermen (Ophiura, Comatula, Pentacrinus) haben die Füßchen ihre Bedeutung für die Ortsbewegung zum großen Theil oder auch völlig eingebüßt. Sie sind dann zu Greifapparaten geworden, deren Stellung an der Mundfläche noch mehr gerechtfertigt erscheinen muß. Die Fähigkeit zu locomotorischen Bewegungen ist dann entweder ganz aufgehoben — die Thiere sitzen fest —, oder an besondere armartige Ausstrahlungen des Körpers, die bald einfach, bald auch verzweigt erscheinen, übergegangen.

Schon bei den gewöhnlichen Seesternen (Fig. 278) finden sich solche Arme, meist fünf an der Zahl, doch sind dieselben beständig plump, gewöhnlich auch kurz und gegen die centrale Scheibe kaum abgesetzt, so daß sie zu locomotorischen Gebilden sich nicht eignen, obgleich sie eine

Krümmung nach vorn bereits zulassen. Wo sie zur Bewegung dienen, sind sie länger, schlank und an der centralen Scheibe eingelenkt. Wie der übrige Körper, sind auch diese Arme mit einem Skelet versehen, das indessen an der Mundfläche etwas weicher und biegsamer ist. Es war dasselbe hier um so nothwendiger, als die Arme in ihrer Eigenschaft als Locomotionsorgane eine genügende Festigkeit besitzen mußten, die auf andere Weise nicht gut erzielt werden konnte. Damit nun aber der Gebrauch der Arme hierunter nicht leide, bedurfte es einer besondern Einrichtung des Skelets, einer Abtheilung in bewegliche hinter einander liegende Glieder. Bei Comatula (und auch bei den festsitzenden Haarsternen, bei denen die Arme zum Ergreifen der Nahrung u. s. w. dienen mögen) ist diese Gliederung schon äußerlich sichtbar, bei Ophiura dagegen erst dann, wenn man die lederartige Umhüllung der Arme entfernt hat. Dann stößt man auf eine cylindrische Säule, die aus einzelnen kurzen Stücken besteht, wie die Wirbelsäule, und gewöhnlich als ein inneres Skelet bezeichnet wird, obgleich sie dem innern Skelet der Wirbelthiere und Cephalopoden sehr fern steht und weit eher ein im Innern eingeschlossener Theil des äußern Skelets sein möchte. Durch solche Einrichtung sind nun die Arme nach allen Seiten hin biegsam und beweglich, vorzüglich aber in der Richtung nach vorn, so daß sie auf die verschiedenste Weise, zum Klettern zwischen den Wasserpflanzen, zum Gehen auf dem Meeresboden und selbst zum Schwimmen gebraucht werden können. — Es sind diese Arten übrigens nicht die einzigen Echinodermen, die in ihrer Locomotion nicht ausschließlich auf die Füßchen angewiesen sind. Auch die gurkenförmigen, mit einem äußern lederartigen Skelet versehenen Holothurien vermögen noch durch einen anderweitigen Mechanismus, nach Art der Salpen, wenngleich unvollkommener, schwimmend sich fortzubewegen, indem sie das in der Kloake enthaltene Wasser mit einem kräftigen Stoße nach hinten austreiben (s. S. 165). Außerdem besitzen einzelne dieser Thiere an der Bauchfläche eine ansehnliche muskulöse Scheibe, die dem Fuße der Gasteropoden gleicht und auch physiologisch damit übereinstimmen mag, während wiederum andere neben den Füßchen auch noch die in ähnlicher Weise umgestalteten Tentakel, die im Umkreis des Mundes stehen (Fig. 277), als Locomotionswerkzeuge gebrauchen. Die Aehnlichkeit der letzteren mit den Füßchen ist um so größer, als ihre inneren Räume in gleicher Weise mit dem Wassergefäßsystem zusammenhängen und durch die sog. Polischen Bläschen, die dem Schlundgefäßringe anhängen, gefüllt werden.

Im Larven- oder Ammenzustande besitzen die Echinodermen, so weit wir jetzt wissen, sehr allgemein eine Bewegung durch Cilien, die eine regelmäßige Gruppirung zu förmlichen Wimperschnüren und Reifen darbieten. Der Körper selbst ist gewöhnlich unbeweglich, wenigstens bei den kleineren Formen, die mitunter auch schon eine Einlagerung von kalkigen Stäben in die Körpersubstanz zeigen. Die größeren Larvenformen sind mit mancherlei beweglichen Körperfortsätzen versehen.

Mit den Echinodermen hat man früher nicht selten eine andere Gruppe von niederen Thieren, die Quallen oder Akalephen, vereinigt, die mit ihnen allerdings durch den strahligen Bau des Körpers übereinstimmen, sonst aber, wie schon mehrfach erwähnt wurde, davon außerordentlich verschieden sind. Diese Verschiedenheit erstreckt sich auch auf die physikalische Beschaffenheit des Körpers. Nicht bloß, daß die Quallen im ausgebildeten Zustande beständig eines Skelets entbehren; die Masse, die den Leib zusammensetzt, ist von einer so zarten und weichen, gallertartigen Beschaffenheit, daß sie nur in dem Wasser sich gehörig entfalten kann und außerhalb desselben zu einem formlosen unscheinbaren Haufen zusammensinkt. Ein Leben auf dem Lande wäre diesen Thieren — abgesehen auch von den übrigen Organisationsverhältnissen — eben so unmöglich, wie den zarten Embryonen vieler anderer Thiere, die nur in einem Medium, wie das Wasser, ihre wimpernden Bewegungsorgane mit Erfolg gebrauchen können.

Die ausgebildeten Quallen sind von einer zweifach verschiedenen Gestalt, entweder scheibenförmig, wie die Seesterne, doch dabei glockenartig nach dem Hinterleibspole zu gewölbt, oder eiförmig. Die ersteren, die sogenannten Hut- oder Scheibenquallen, bewegen

sich dadurch, daß sie den glockenförmigen Körper abwechselnd verengern oder erweitern. Der Effect dieser Bewegung, die durch eingelagerte Muskelfasern vermittelt wird und sich in einer abwechselnden vermehrten Krümmung und Abplattung der elastischen Körperscheibe kund gibt, ist ein starker Druck auf die unterliegende Wassersäule, die den Körper dann emporhebt oder in dieser und jener Richtung, je nach der Art des Druckes, forttreibt. Die gewölbte Fläche geht dabei beständig voran, während die concave Mundfläche mit ihren mancherlei Anhängen nach hinten gekehrt ist.

Fig. 281.



Stomobranchium cruciatum und **Hippocrene Bougainvillei.**

Bei den ovalen Formen der Quallen ist natürlich eine derartige Locomotion unmöglich. Wenn auch der Körper durch die eingelagerten Muskelfasern zu einer Zusammenziehung fähig ist, so wird diese dennoch allein ohne hinreichenden Erfolg seyn. Hier sind besondere Bewegungsapparate vorhanden, wie bei den sphärischen Echinodermen, die aber nicht als Füßchen auftreten, sondern unter der Form von schwingenden Cilien, deren Action für den verhältnißmäßig leichten Körper ausreichte und sogar noch den Vortheil einer schnellern Locomotion bot. Diese Cilien, die durch eine sehr ansehnliche Größe sich auszeichnen und auch der Willkür des Thieres unterworfen sind (was namentlich bei der kugeligen Körperform nothwendig seyn mußte, wenn das Thier die Richtung seiner Bewegung bestimmen sollte), stehen zu mehreren neben einander in vier oder acht Längsreihen an den Seiten des Körpers und bilden die sogenannten Rippen.

Fig. 282.



Cydippe.
e Rippen.

Was in Obigem gesagt ist, gilt nur für die ausgebildeten Akalephen. Während des Ammenzustandes findet sich ein anderes Verhältniß. Es gibt allerdings schwimmende Ammen von Akalephen, doch eine große Anzahl derselben ist auch ohne solche Bewegung, ja sogar festsitzend und mit einem Skelete ausgerüstet. Die schwimmenden Akalephenammen sind die sogenannten Siphonophoren, die beständig in größerer Anzahl zu einer zusammenhängenden Colonie mit einander vereinigt sind. Die einzelnen Individuen derselben sitzen mit ihren hinteren Enden auf einem gemeinschaftlichen schlanken oder auch blasig erweiterten und selbst scheibenartig abgeplatteten Stamme (dem sog. Reproductionskanale), dessen innere Höhle als die gemeinschaftliche Leibeshöhle angesehen werden muß. Das hintere (bei der Bewegung obere) Ende dieser Höhle enthält eine mit Luft gefüllte Blase, die einen hydrostatischen Bewegungsapparat darstellt und späterhin noch näher betrachtet werden wird. Wo dieser Luftraum im Verhältniß zu der gemeinschaftlichen Körpermasse nicht so groß ist, daß die Thiere dadurch beständig an der Oberfläche des Wassers gehalten werden, findet sich außerdem in unmittelbarer Nähe derselben noch eine wechselnde Anzahl sog. Schwimmglocken, die einige Aehnlichkeit mit dem Körper einer Scheibenqualle besitzen und auch in ähnlicher Weise, wie diese, die Fortbewegung der gesammten Colonie vermitteln. Diese Schwimmglocken betrachtete man früher, so lange man die Siphonophoren für einfache Thiere hielt, als Organe. Seitdem wir aber die zusammengesetzte Natur derselben erkannt haben, müssen wir sie für besondere

Fig. 283.



Diphyes.
a Schwimmglocken; b Reproductionskanal mit den Ernährungsthieren (S. 131), deren jedes einzeln von einer schützenden Hülle, einem Knorpelblatt umgeben ist.

locomotive Individuen*) halten. — Eine zweite abweichende Form von Akalephenammen bieten uns die sog. Hydroiden, die man früher gleichfalls für ausgebildete Thiere hielt, doch nicht den Akalephen, sondern vielmehr den Polypen zurechnete, denen sie auch wirklich durch Körperform und Tentakel ähneln. Diese Hydroiden sind ohne die Beweglichkeit der Siphonostomen. Viele derselben, diejenigen nämlich, die in größeren Colonien zusammenleben, sogar ohne alle Locomotion. Sie sind dann durch rankenartige Ausläufer (die gleichfalls als besondere Individuen aufgefaßt werden müssen) festgeheftet (Fig. 115), ihre Bedeckungen skeletartig erhärtet, von leder- oder pergamentartiger Beschaffenheit. Das Skelet dient theils zur Stütze, so daß die Colonien bestimmte sehr regelmäßige (meist baumartig geästelte) Formen erhalten, theils zum Schutze, gewissermaßen als Aequivalent für die mangelnde Bewegung. Die solitären Arten, zu denen namentlich auch unser sog. Süßwasserpolyp (Fig. 111) gehört, entbehren des Skelettes. Sie besitzen die Fähigkeit der Ortsbewegung, wobei sie abwechselnd das hintere und vordere Leibesende mit den Tentakeln auf den Boden aufsetzen und sich so nach Art der Blutegel u. a. vorwärts schieben oder wohl gar vollkommen überschlagen.

Aehnliche Verschiedenheiten, wie wir sie hier bei den Hydroiden gesehen haben, wiederholen sich bei den ächten Polypen. Auch unter diesen finden wir solitäre und zusammengesetzte Arten, skeletlose und skeletbesitzende, bewegliche und angeheftete; auch unter diesen ist aus leicht begreiflichen Gründen eine eigentliche Locomotion nur bei den solitären und skeletlosen Arten anzutreffen. Es gibt allerdings auch unter den skeletbesitzenden einfachen oder zusammengesetzten Polypen einzelne freilebende Arten, die nicht angeheftet sind (Fungia, Pennatula u. s. w.), doch bei dem Mangel besonderer locomotiver Organe ist selbst hier die Ortsbewegung der Willkür entzogen und dem Zufall überlassen. Das Skelet hat die Schwere des Körpers zu sehr vergrößert, als daß die gewöhnlichen ortsbewegenden Mittel noch ausreichen könnten. Sonst dient zu diesem Zwecke gewöhnlich das hintere muskulöse Ende des Leibes, das scheibenförmig abgeflacht ist, und den Körper gleich dem Fuße der Schnecken langsam fortschiebt. Einige andere nackte Polypen mit abgerundetem hintern Leibesende klettern aber auch mit Hülfe ihrer armförmigen Tentakel einher oder bewegen sich durch abwechselnde wurmförmige Contractionen ihres Hautmuskelschlauches.

Der skeletlosen Polypen sind aber im Ganzen nur wenige. Die meisten tragen zum Schutz und zur Unterstützung ihrer Weichtheile ein festes Gerüste. Ohne dieses würden die zusammengesetzten Arten wohl schwerlich im Stande seyn, jene baumartig verzweigten Colonien zu gründen, die oftmals durch ihre mächtige Höhe oder regelmäßige Anordnung sich auszeichnen und unter dem Namen der Polypen- oder Corallenstöcke (Fig. 46) bekannt sind. Das Skelet der Polypen wird bald durch kalkige Einlagerungen gebildet, die sich indessen nicht immer auf die äußere Haut beschränken, sondern auch tiefer greifen und einen Theil der innern Körpermasse durchsetzen; bald durch eine chemische Verbindung des Kalkes mit der Körpersubstanz. Auch letztere erstreckt sich nicht selten auf die tiefer liegenden Theile, namentlich auf die radiären Dissepimente der Leibeshöhle in der hintern Körperhälfte. Ja es gibt einige Polypen (Fungia), in denen nur diese inneren Theile verkalken, während die äußeren Bedeckungen im ganzen Umfang weich bleiben. Durch die Verkalkung wird übrigens begreiflicher Weise ein viel festeres Skelet erzeugt, als durch eine Einlagerung, und daher mag es denn kommen, daß dieselbe vornehmlich bei den größern Polypen in Anwendung gezogen ist, während die kleinen Formen weit häufiger jene andere Art der Skeletbildung zeigen. Durch diese erhält der Kör-

Fig. 284.



Caryophyllia.

*) Vergl. R. Leuckart, Ueber den Polymorphismus der Individuen. Gießen 1851.

per gewöhnlich eine lederartige Beschaffenheit. Da nun aber solche nicht in allen Fällen und namentlich nicht bei den Arten mit einem langen und dünnen Stamme zur Stütze des Polypenstockes ausreicht, so entwickelt sich gewöhnlich unter solchen Verhältnissen noch ein besonderes inneres Gerüste, das in der Achse des Stammes verläuft und mit dem Namen des Kerngerüstes bezeichnet wird. Es ist von verschiedener Stärke und Ausbildung (sehr stark z. B. bei den ächten Corallen, deren Kerngerüste zu mancherlei technischen Zwecken verwendet wird), meist aber biegsam und hornig. Trotz seiner Lage tief im Innern des Polypenstockes ist aber dieses Kerngerüste dennoch, wie es scheint, aus einer Metamorphose der äußern Bedeckungen entstanden, aus demjenigen Theile derselben, welcher das hintere Körperende überkleidet und bei den zu einer gemeinsamen Colonie vereinigten einzelnen Individuen in der Achse des Polypenstockes zusammenstößt. Im Jugendzustand sind übrigens auch die späterhin festsitzenden Polypenarten frei beweglich, und zwar wie die jungen Larven der Akalephen u. a. niederer Wasserthiere, durch die Schwingungen von Cilien auf der Oberfläche des Körpers.

Dieselbe einfache Bewegungsweise findet sich auch bei den Infusorien unter den sogenannten Protozoen. Auch sie besitzen schwingende Cilien, die aber nicht immer in gleichmäßiger Anordnung und Form sich über den Körper verbreiten, sondern mitunter an einzelnen Stellen eine besondere abweichende Entwicklung erlangen. Durch diese werden die Cilien dann zu ansehnlichen Gebilden, die der Willkür unterworfen sind und bald kranzförmig das vordere (mitunter auch zugleich das hintere) Körperende umgeben, bald auch in Längsreihen an der einen abgeplatteten Körperfläche, die wir als die ventrale zu deuten haben, sich hervorstrecken. Im letztern Falle dienen die Gebilde, wie die Extremitäten, zum Kriechen, in dem ersten dagegen meistens als Ruder, zum Umherschwimmen. Daß es auch thierische Infusorien gebe, in denen statt dieser Cilien zum Zwecke der Ortsbewegung nur ein einziger oder auch doppelter geißelförmiger Faden am Vorderleibsende sich vorfindet, ist sehr zweifelhaft, da wir Grund zu der Vermuthung haben, daß alle derartige Formen (S. 132) bloße bewegliche Keime verschiedener Wasserpflanzen sind. Es gibt übrigens auch festsitzende Infusorien, die wenigstens zu irgend einer Zeit ihres Lebens ohne freie Ortsbewegung sind, wie die Vorticellen u. a. Diese gebrauchen dann den Flimmerkranz am Vorderleibsende, um einen lebhaften Strudel im Wasser zu erzeugen (S. 133).

Fig. 285.



1 **Vorticella**; 2 **Stylonychia**; 3 **Chilodon**.

Auch die Skeletbildung ist den Infusorien nicht fremd. Die größere Mehrzahl derselben ist freilich nackt, jedoch gibt es einige, bei welchen die äußere Körperfläche, wie z. B. die Rückenfläche bei den kriechenden Arten (Oxytricha u. s. w.), zu einem festen Schilde erstarrt, oder von einer besondern schützenden Hülle umgeben ist (wie namentlich bei sehr vielen festsitzenden Infusorien), die gewöhnlich eine gallertartige Beschaffenheit hat, und als ein Secretionsproduct des Körpers angesehen werden darf. Diese letztere Art der Skeletbildung ist noch weit häufiger bei den Rhizopoden, die man als zweite Gruppe den Protozoen zurechnet. Sie ist hier so allgemein, daß man nur einige nackte Arten antrifft (Amoeba, Actinophrys). Das Skelet dieser merkwürdigen Geschöpfe hat aber gewöhnlich eine festere kalkige Beschaffenheit, ist auch meistens von einer sehr regelmäßigen schneckenhausartigen Form, die daher rührt, daß diese Thiere in Colonien zusammenleben und ihre Gehäuse dann nach einem bestimmten Plane sich an einander anreihen. Ob unter den Rhizopoden festsitzende Arten vorkommen, wie es sonst bei ähnlichen Verhältnissen so häufig der Fall ist, weiß man noch nicht. Die bis jetzt beobachteten Arten sind alle frei, wenngleich die locomotorische Fähigkeit, besonders bei den skeletbesitzenden Colonien, gewiß eine nur sehr beschränkte ist, zumal eigentliche Bewegungsapparate überall fehlen. Allerdings vermö-

Fig. 286.



Arcella mit Skelet und locomotorischen Fortsätzen.

gen die Rhizopoden, namentlich die nackten und einfach lebenden, sich fortzubewegen, doch dieses wird auf eine ganz eigenthümliche, abweichende Weise, durch eine Veränderung der Körpergestalt vermittelt. An irgend einer Stelle, oder auch an mehreren zugleich, stülpt sich nämlich zu diesem Zwecke die Körpermasse, als ein arm= oder fadenförmiger Anhang von verschiedener Dicke und Länge nach außen hervor, der sich wieder einzieht, nachdem er einen Fixationspunkt gefunden hat und beim Verkürzen den ganzen Körper hinter sich herschleppt. Damit diese Fortsätze auch bei den Gehäuse=tragenden Arten hervortreten können, ist hier das Skelet bald mit einer einzigen größern Oeffnung versehen, bald auch mit einer beträchtlichen Anzahl kleiner Löcher, deren Anwesenheit diese Geschöpfe den Namen der Foraminiferen verdanken.

Die Fähigkeit der Rhizopoden, solche veränderliche Körperfortsätze zu bilden, resultirt theils aus der Abwesenheit einer derberen eigentlichen Hautbedeckung, theils aus der eigenthümlichen Beschaffenheit der Leibesmasse. Diese entbehrt nämlich aller histologisch gesonderten Gewebe, namentlich der Muskeln und Nerven, und besteht aus einer einförmigen Masse, die mit zahlreichen kleinen Hohlräumen (s. S. 133) im Innern versehen ist und eine selbstständige Contractilität besitzt. Die kleinsten Partikelchen können noch in gleicher Weise, wie die ganzen Thiere, solche Fortsätze treiben und durch ihre Hülfe sich umherbewegen. Diese Körpersubstanz, die man mit dem Namen der Sarkode bezeichnet hat, beschränkt sich indessen nicht auf die Rhizopoden. Sie findet sich in gleicher Entwicklung auch bei den Infusorien und den Ammen der Akalephen, vielleicht auch bei einigen niederen Plattwürmern und noch weiter. Wenn sie nun aber in den letztgenannten Fällen nicht so unmittelbar, wie bei den Rhizopoden, zur Locomotion beiträgt, so rührt dieses vielleicht nur daher, daß die festere Beschaffenheit der äußern Körperfläche ein derartiges Wirken verhindert. Es findet solche Vermuthung wenigstens darin einige Begründung, daß einzelne abgetrennte Stücke z. B. von Süßwasserpolypen dieselbe Contractilität und Locomotion zeigen. Es ist auch nicht unmöglich, daß dieselbe merkwürdige Substanz es ist, aus der die Flimmercilien, selbst bei den höheren Thieren, gebildet sind, daß die wundersamen Actionen derselben mit den Lebenserscheinungen der Sarcode zusammenfallen. Allerdings fehlen hier die Hohlräume im Innern, doch die Anwesenheit derselben scheint auch sonst schon manchfach zu variiren. Aus mechanischen Gründen werden wir die Abwesenheit derselben in den Cilien überdieß leicht erklärlich finden. Jedenfalls aber haben wir dieselbe Unabhängigkeit der Bewegungen von dem Einfluß der Nervensysteme bei den Flimmercilien und den aus Sarkode gebildeten Körpermassen. Es ist freilich noch nicht ausgemacht, ob alle Arten von Cilien in dieser Beziehung sich gleich verhalten, ob namentlich die dem Willen unterworfenen Cilien der Würmer, Rippenquallen u. a. dasselbe Verhältniß zum Nervensystem haben, allein das Gegentheil ist ebenso wenig bewiesen. Man hält es allerdings gewöhnlich für nothwendig, doch dabei vergißt man, daß es ja unter den einfachsten Thieren eine ganze Anzahl gibt, die ihre gesammten Willensäußerungen ohne die Vermittlung eines Nervensystems kund thun, daß namentlich auch bei den Infusorien die Bewegung der hieher gehörenden Cilien von den Nerven unabhängig seyn muß. — Doch kehren wir nach diesen gelegentlichen Bemerkungen wiederum zu den Protozoen zurück, um noch Einiges über die Gregarinen hier anzuführen, die wir einstweilen, obgleich wohl mit Unrecht, noch neben den Infusorien und Rhizopoden anführen. Diese sonderbaren Geschöpfe, die, wie schon früher bemerkt worden, Parasiten sind, haben eine sehr beschränkte Bewegung, besonders diejenigen Arten, die mittelst des knopfförmigen, hie und da auch mit Häkchen besetzten Vorderendes in den Darmwänden verschiedener Arthropoden festsitzen. Besondere Locomotionsorgane fehlen durchgehends; wo eine Bewegung vorkommt, wird sie, nach Art der Würmer, durch die Krümmungen des Körpers vermittelt. Nur insofern findet sich hier eine Verschiedenheit, als diese Krümmungen nicht durch ein besonderes Muskelgewebe, sondern durch die structurlose Hülle des Körpers zu Stande kommen, da Muskeln wie Nerven vollkommen fehlen.

Die Vertheilung des Gewichts im beweglichen Thierkörper.

Wie wir es früher als einen Grundzug des thierischen Baues bezeichnen konnten, daß die Organe des animalischen Lebens die äußere Hülle des Körpers darstellen, so haben wir jetzt wohl die Ueberzeugung gewonnen, daß es die physiologischen Beziehungen des Thieres zu der Außenwelt sind, die eine solche Anordnung nothwendig gemacht haben. Die Existenz einer Bewegung und Empfindung setzt vor allen Dingen die Möglichkeit einer unmittelbaren Wechselwirkung zwischen Geschöpf und Umgebung voraus, wie sie nur an der äußern Fläche des Körpers stattfinden konnte. Daß die Organe des vegetativen Lebens im Innern gelegen sind, scheint im Wesentlichen nur eine Folge dieser Anordnung zu seyn, obgleich sich nicht verkennen läßt, daß diese verborgene Lage die betreffenden Theile in zweckmäßiger Weise gegen äußere störende Einwirkungen schützt, daß die Umhüllung mit beweglichen (contractilen) Organen in vielen Fällen für die Leistungen derselben von großer Bedeutung seyn mußte u. s. w.

Daß die Lage der vegetativen Organe im Innern des Körpers keine absolute Nothwendigkeit ist, geht zur Genüge schon aus manchen früher angeführten Thatsachen hervor. Wir haben Geschöpfe kennen gelernt, bei denen die Respirationsorgane in Form der Kiemen nach außen rücken, ja selbst vollkommen schwinden, weil die äußere Haut die respiratorischen Leistungen übernommen hat (S. 266), Thiere, deren Secretionsapparate dasselbe Schicksal theilen (S. 215), ja endlich solche, bei denen die Oberfläche des Körpers selbst die Stelle des Mundes und Verdauungsapparates übernommen hat (S. 134).

In demselben Verhältniß als sich die äußere Haut an den Funktionen des vegetativen Lebens betheiligt, wird natürlicher Weise der Bau auch einfacher, bis alle inneren Organe endlich schwinden und ein bloßer begrenzter Haufen von thierischer Substanz an die Stelle jenes complicirten Organismus tritt, den wir bei den höheren Geschöpfen anzutreffen gewohnt sind. Die ganze Masse eines solchen einfachen Körpers ist das Substrat der Bewegung und Empfindung, während die äußere Körperfläche alle die Funktionen in sich vereinigt, die wir sonst über die einzelnen vegetativen Organe, Athmungsapparate wie Drüsen und Darmkanal, zertheilt sehen.

Nach unseren früheren Bemerkungen über das proportionale Verhältniß der flächenhaft wirkenden Organe (und alle vegetativen Apparate sind ja solche) zu der Masse des Thieres (z. B. S. 84) werden wir übrigens leicht einsehen, daß es nur die kleinsten thierischen Körper seyn können, die eine solche einfache Organisation uns vorführen, und überdieß nur solche, die an Orten leben (S. 132), wo sie eine genügende Menge flüssiger Nahrungsmittel in ihrer unmittelbaren Umgebung antreffen.

Aber auf solche Organismen konnte sich natürlicher Weise die thierische Schöpfung nicht beschränken. Um dieselben allen äußeren Lebensverhältnissen möglichst anzupassen, bedurfte es vor allen Dingen einer verschiedenen Körpergröße der Geschöpfe. Bei einer Vergrößerung des Körpers reicht nun aber jener einfache thierische Bau nicht mehr aus. Die begrenzende Fläche wächst nach bekannten mathematischen Gesetzen in einem sehr viel geringern Verhältniß als das Volumen, und daraus ergibt sich dann die Nothwendigkeit, daß die äußere Fläche solcher größeren Thiere, wenn sie fernerhin durch ihre Leistungen die Aufgaben des vegetativen Lebens erfüllen soll, in einem andern und schnellern Verhältniß wachsen muß, als die übrige Masse des Körpers.

Eine Oberfläche läßt sich nun vornehmlich auf zweierlei Weise vergrößern, durch Ausstülpung und durch Einstülpung.

Wenn wir nun aber berücksichtigen, daß der thierische Körper beweglich ist und seyn muß, um sich in den Besitz seiner Nahrungsmittel zu setzen, die unter den manchfachsten Verhältnissen zerstreut in den verschiedensten Stellen vorkommen, wenn wir ferner berücksichtigen, daß ein jeder beweglicher Körper, und deßhalb denn auch der thierische, aus mechanischen Gründen möglichst compendiös gebaut seyn muß, so werden wir gewiß schon von vorn herein

zu der Ueberzeugung kommen, daß der Proceß der Flächenvergrößerung durch Einstülpung es ist, der bei dem Thiere *) zur Vergrößerung der vegetativen Körperfläche in Anwendung gezogen worden. Nur auf solche Weise ließ sich jene Concentration der einzelnen Apparate und der gesammten Körpermasse erzielen, welche die erste Bedingung einer leichten und manchfaltigen Bewegung ist.

Auf solche Weise entstehen nun die inneren Organe des thierischen Leibes, **) die, wenn sie einmal als selbstständige Gebilde existiren, nun noch einen weitern Vortheil gewähren: den Vortheil der Arbeitstheilung, indem sich das eine Organ ausschließlich dieser, das andere ausschließlich jener Aufgabe zuwendet und dieser Aufgabe gemäß in passender Weise entwickelt. Was früherhin die äußere Haut allein geleistet, übernimmt jetzt ein besonderer Darm, ein Drüsenapparat, ein Respirationsorgan, ein jedes in seiner eigenen Weise. In demselben Maaße, als diese Gebilde dann durch ihre Einrichtung den Bedürfnissen des Lebens schon für sich genügen, verliert die äußere Körperfläche ihre Beziehung zu den vegetativen Leistungen, bis sie endlich nur noch als Sinnesorgan, Bewegungswerkzeug und Schutzapparat des Körpers dasteht.

Die Lagerung der vegetativen Organe im Innern der Thiere lernen wir hier unter einem neuen, allgemeinen Gesichtspunkt auffassen. Wir sehen in ihr eine zweckmäßige Beziehung zu der Ortsbewegung der Thiere, wie wir schon früher darin eine zweckmäßige Beziehung zu der Beschaffenheit der Nahrungsmittel, des respirablen Mediums, des Secretes u. s. w. erkannt hatten. Mit dieser Thatsache ist nun aber noch keineswegs der ganze Einfluß erschöpft, den die Bewegung auf den Bau des thierischen Körpers ausübt. Die Thätigkeit der Bewegung ist nicht bloß die allerwichtigste des thierischen Lebens, sondern auch die allerschwierigste, wie wir schon daraus erschließen dürfen, daß keinem andern Zwecke eine so große Anzahl von Organen und ein solcher umfangreicher Theil der Körpermasse gewidmet ist. Es gilt — auch abgesehen von den besonderen Schwierigkeiten der einzelnen Bewegungsarten — die Trägheit des eignen Körpers durch eigne Kraft zu überwältigen. Und dazu bedarf es nicht bloß einer passenden Anordnung der locomotiven Apparate, wie wir sie früher kennen gelernt haben, nicht bloß eines im Allgemeinen compendiös gebauten Körpers, wie wir ihn eben in dem thierischen Leibe gefunden haben, sondern auch einer möglichst vortheilhaften Vertheilung der einzelnen schweren Organe in der Masse des Körpers. Eine andere Einrichtung würde einen nutzlosen Kraftverbrauch zur Folge haben, die Bewegung behindern oder gar unmöglich machen. Sie würde dem augenfälligsten Princip, nach welchem der Bau des thierischen Körpers, eines beweglichen Körpers, aufgeführt ist, dem Princip der größten Krafterspamiß, zuwiderlaufen.

Bauend auf dieses Princip, wollen wir es jetzt versuchen, nicht sowohl eine vollständige mechanische Analyse des Körperbaues bei den verschiedenen Thieren zu geben, was der Zukunft der organischen Physik vorbehalten bleibt, als vielmehr, so weit es in unseren Kräften liegt, auf die mechanische Nothwendigkeit gewisser anatomischer Einrichtungen hinzudeuten und damit wenigstens eine Grundlage für die mechanische Betrachtung des thierischen Körperbaues anzubahnen.

Bevor wir auf diesen Versuch aber näher eingehen, müssen wir einen Blick auf die äuße=

*) Anders verhält sich in dieser Beziehung die bewegungslose Pflanze, wo die Vergrößerung der vegetativen Fläche durch eine Ausstülpung erzielt ist, wie ich an einem andern Orte (Archiv für Naturgesch. 1851. V. S. 146) auseinandergesetzt habe. Ein Eichbaum würde sich durch keine locomotiven Mittel leicht und in manchfaltiger Weise bewegen lassen. (Offenbar ist es auch nicht ohne mechanischen Grund, wenn wir an den Thieren die Colonie bildenden Arten — und namentlich die pflanzenartig verzweigten — nach pflanzlicher Weise festsitzend finden.)

**) Ich weiß sehr wohl, daß diese Anschauung nicht eigentlich dem Thatbestande während der Entwicklung entspricht. Es handelt sich hier aber auch überhaupt nicht um gewisse reale Vorgänge, sondern um gewisse Beziehungen, die man immerhin, des leichtern Verständnisses wegen, unter einer einfachen, wenn auch ungenauen Form auffassen darf.

ren Formen des thierischen Körpers werfen. Die einzelnen Gestalten der Thiere wechseln allerdings, wie wir gesehen haben, bis ins Unendliche, aber trotzdem ist es unverkennbar, daß die Entfaltung des äußern Leibes sich in gewissen Grenzen bewegt. Es sind dreierlei Grundformen, die sich in den mannichfachsten Modificationen bei den Thieren wiederholen: die Formen der Kugel, der Scheibe und des Cylinders. Aber auch diese drei Formen sind nicht absolut verschieden. Sie gehen durch manche Zwischenformen in einander über. Durch Verkürzung der Längsachse plattet sich die Kugel allmälig ab zu einer Scheibe, während sie auf dem entgegengesetzten Wege, durch Verlängerung der Achse, sich zu einem Cylinder auszieht.

Sehen wir auf die Vertheilung dieser Formen über die Oberfläche unserer Erde, so finden wir, daß das Vorkommen der scheibenförmigen und kugeligen Thiere sich ausschließlich auf das Wasser beschränkt. Dieser Umstand, der auf den ersten Blick vielleicht auffallend erscheint, findet seine Erklärung in den mechanischen Schwierigkeiten, die sich der Bewegung und namentlich der Bewegung eines kugeligen oder scheibenförmigen Körpers entgegenstellen.

Bekanntlich hat ein jeder Körper bei seiner Bewegung den Widerstand des Mediums zu überwinden, in welchem die Bewegung geschieht. Als Maaß dieses Widerstandes dürfen wir im Allgemeinen die Größe der Widerstandsfläche ansehen. Hiernach ist es erklärlich, daß ein Cylinder, der in der Längsrichtung sich fortbewegt, einen geringern Widerstand zu überwinden hat, als eine Kugel von gleichem Volumen oder gar eine Scheibe. Die Beseitigung dieses Widerstandes ist nun aber begreiflicher Weise mit einem Kraftaufwand verbunden, welcher der Bewegung verloren geht. Die Bewegung eines Thieres mit kugeligem oder scheibenförmigem Leibe ist daher (bei sonst gleichen Verhältnissen, gleicher Größe, gleicher Muskelkraft) langsamer, als die Bewegung eines cylindrischen Geschöpfes. Unter diesen Umständen ist es nun sehr naturgemäß, daß die ersteren auf einen Aufenthalt im Wasser angewiesen sind, wo die Bewegung einen verhältnißmäßig geringern Kraftaufwand voraussetzt,*) wo auch die Nahrungszufuhr bedeutend erleichtert ist, das thierische Leben also auch ohne größere locomotorische Leistungen in Integrität bestehen kann.

Aus den voranstehenden Bemerkungen geht auch die fernere Thatsache hervor, daß eine cylindrische Form des Körpers für eine rasche Locomotion die vortheilhafteste ist, eine Thatsache, deren Bedeutung wir durch einen einzigen Blick auf die thierische Schöpfung leicht ermessen können. Wir setzen dabei allerdings voraus, daß die Längsachse mit der Bewegungsrichtung zusammenfällt. Daß dieses aus anderweitigen Zwecken und Rücksichten nicht überall stattfindet, davon liefert uns der Mensch ein nahe liegendes Beispiel. Jedenfalls ist übrigens die Fortbewegung eines solchen aufrecht stehenden cylindrischen Körpers mit einem Verluste von Kraft verbunden, wenn derselbe auch immerhin vielleicht durch anderweitige Einrichtungen compensirt wird.

Um jetzt nun die passendste Art der Gewichtsvertheilung in den einzelnen thierischen Körpern kennen zu lernen, denken wir uns dieselben, eine Scheibe, eine Kugel und einen Cylinder, als homogene Körper von dem specifischen Gewichte des Mediums, in dem die Bewegung vor sich gehen soll, z. B. des Wassers und eingetaucht in das Wasser. Ein solcher Körper wird natürlich in allen Stellungen im Gleichgewicht seyn; sein Schwerpunkt fällt mit seinem Drehpunkte zusammen und nimmt die Mitte seiner Längsachse ein, so daß Rechts und Links, Oben und Unten, Vorn und Hinten ganz gleich beschwert sind. Eine Bewegung wird

*) Es steht hiermit natürlich die Thatsache noch nicht im Geringsten im Widerspruch, daß die Bewegung der Landthiere im Allgemeinen sehr viel schneller ist, als die der Wasser-bewohnenden Arten (eine Thatsache, die ihre teleologische Erklärung in den größeren Schwierigkeiten findet, die sich dem Erwerb einer passenden Nahrung entgegenstellen). Wir brauchen nur zu beachten, daß bei den Landthieren gewisse mechanische Vortheile der Bewegung, namentlich der Hebelwirkung, weit consequenter und durchgreifender verwerthet sind, daß die Muskeln derselben zu einer kräftigern Action eingerichtet sind u. s. w., um die Möglichkeit einer derartigen Verschiedenheit zu begreifen. So viel aber ist gewiß, daß ein Thier mit gleicher Bewegungskraft (unter sonst gleichen Umständen) sich im Wasser schneller bewegen wird, als auf dem Lande.

mit derselben Leichtigkeit nach allen Richtungen hin stattfinden können, wenn anders die Widerstände, welche dabei zu überwältigen sind, keine verschiedene Größe besitzen. Der thierische Körper ist nun aber bekannter Weise weder homogen, noch (an sich) von dem specifischen Gewichte des Wassers oder der Luft; indessen trotzdem würde es immerhin möglich seyn, durch eine passende Vertheilung des Gewichtes, oder, was hier dasselbe ist, der einzelnen Organe, ein Zusammenhalten des Schwerpunktes und des Drehpunktes, ein indifferentes Gleichgewicht, zu erzielen.

In der That gibt es nun auch gewisse Thiere mit einem solchen indifferenten Gleichgewichte. Es sind zunächst die Thiere mit kugeligem Körper, die Seeigel u. a. Da die Widerstandsfläche dieser Thiere nach allen Seiten hin dieselbe Größe hat, eine bestimmte Richtung der Bewegung also keineswegs vor den übrigen durch ihre Leichtigkeit sich empfiehlt, so mußte es gewiß am zweckmäßigsten seyn, dieselben zu einer allseitigen Bewegung gleich passend einzurichten. Und dieses ist nun eben dadurch vermittelt, daß Drehpunkt und Schwerpunkt in der Mitte des Körpers zusammenfallen, daß das Gewicht sich gleichmäßig nach allen Seiten um diesen Mittelpunkt vertheilt. Ein jeder Schnitt durch denselben (oder jeder größte Kreis) theilt jetzt den Körper in zwei gleiche Gewichtshälften.

Diese gleichmäßige Gewichtsvertheilung muß nun durch eine passende Anordnung der inneren und äußeren Organe erzielt werden. Zu diesem Zwecke wird es wohl am einfachsten seyn, die einzelnen mit specifischen Leistungen beauftragten Apparate, deren Größe durch die jedesmaligen Bedürfnisse bestimmt ist, in eine Anzahl gleicher Stücke zu zertheilen und diese in gleichen Abständen um den Mittelpunkt des Körpers zu gruppiren. Allein es läßt sich solches nur zum Theil ausführen. Unter den verschiedenen Apparaten des thierischen Körpers gibt es einen, den Darmkanal, der solche Theilung schwerlich zuläßt, bei dem dieselbe auch nicht den beabsichtigten Erfolg haben würde, da die Schwere des Darmkanals zum großen Theil von seiner Füllung abhängt, und diese durch die manchfachsten äußeren Umstände bestimmt wird.

Aber auch ein unpaarer Darmkanal wird die gleichmäßige Vertheilung des Körpergewichtes nach allen Seiten nicht im Geringsten stören, sobald er nur geraden Weges in der Achse des Körpers verläuft oder um dieselbe sich gleichmäßig herumwindet. Diese Lage ist es nun auch, die der Darmkanal bei den betreffenden Thierformen einnimmt. Er verläuft in der Körpermasse, die wir nach der Analogie mit den übrigen Thieren als Längsachse bezeichnen dürfen, und mündet an den Polen derselben nach außen.

Im Umkreis dieser Achse liegen die übrigen Organe des Körpers in mehrfacher Wiederholung nach den angedeuteten Erfordernissen der Gewichtsvertheilung. Ein jedes derselben ist in eine Anzahl von Stücken zerfallen, die sich in gleichmäßigen Entfernungen von einander fixiren. Die rechte und linke Körperhälfte, die obere und untere, kurz eine jede, die durch irgend einen beliebigen Schnitt in der Längsachse erhalten wird, zeigt eine gleiche Menge gleicher Organe, zeigt das gleiche Gewicht. Eine allseitige Symmetrie, ein sogenannter radiärer oder strahlenförmiger Bau ist es, der in solcher Anordnung uns entgegentritt.

Die Zahl der Wiederholungen in den einzelnen Organen kann manchfach variiren. Die geringste ist freilich die Vierzahl, aber auch die Fünfzahl, Sechszahl u. s. w. wird in gleicher Weise zulässig seyn. Nur das ist aus mechanischen Gründen nothwendig, daß dasselbe Zahlenverhältniß in allen Organen wiederkehre, der gleiche Numerus oder ein Multiplum desselben.

Natürlicher Weise gilt dieser radiäre Bau nicht bloß von den inneren vegetativen Organen. Auch die äußeren Anhänge des Körpers, insonderheit die locomotorischen Apparate, welche die Angriffspunkte bei der Bewegung bestimmen, müssen dieselbe gleichmäßige Vertheilung darbieten.

Die Indifferenz des Gleichgewichtes, die wir bei den betreffenden Thierformen vorfinden, muß sich nun aber natürlicher Weise auch in der Vertheilung des Gewichtes über die vordere und hintere Körperhälfte aussprechen. Sonder Zweifel wird auch jeder Querschnitt unsere

Thiere mit radiärem Bau in eine vordere und hintere gleichschwere Hälfte zerlegen. Aber hier ist die Gleichheit des Gewichtes nicht durch eine Wiederholung derselben Organe erzielt worden, sondern durch die Einlagerung verschiedener Gebilde, die eine gleiche Schwere besitzen.

Die anatomische Differenz der vordern und hintern Körperhälfte ist der Ausdruck einer physiologischen Nothwendigkeit, wie wir sogleich erkennen werden, sobald wir nur berücksichtigen, daß die Localisation der Mund- und Afteröffnung auf die Lagerung mancher anderen Gebilde bestimmend influire. Sind z. B. besondere Greif- und Masticationswerkzeuge vorhanden, die auf den Fang und die Bearbeitung der Nahrungsmittel Bezug haben, so werden diese begreiflicher Weise nur im Umkreis der Mundöffnung stehen. Eine Wiederholung an dem entgegengesetzten Pole wäre unnöthig und zweckwidrig. Bekommt nun aber das vordere Körperende aus physiologischen Gründen eine Ausrüstung, die das Gewicht desselben belastet, so wird ein Gegengewicht an dem gegenüberliegenden Pole in Form gewisser anderer Organe nothwendig, wenn der Schwerpunkt derselbe bleiben soll. Dem Zahnapparat der Seeigel entspricht in solcher Weise z. B. die Lagerung der Geschlechtsorgane im Umkreis des Afters u. s. w. Wo solche Rücksichten nicht obwalten, da zeigt sich auch oftmals eine unverkennbare Analogie in der Bildung der vorderen und hinteren Organe oder selbst eine gleichmäßige Wiederholung (z. B. der Gefäßringe bei den Seeigeln).

Haben wir in dem radiären Bau nun einmal eine Einrichtung kennen gelernt, die den mechanischen Anforderungen eines allseitigen Gleichgewichtes entspricht, so werden wir leicht einsehen, daß derselbe nicht ausschließlich auf die Thiere mit kugligem Körper (oder annäherungsweise kugligem Körper) beschränkt seyn kann. Auch die scheibenförmigen Thiere und solche mit aufrechtem cylindrischem Leibe werden aus statischen Gründen wohl am zweckmäßigsten eine strahlige Gruppirung der inneren und äußeren Organe um die mittlere Körperachse (die Längsachse) darbieten. Soll die Scheibe, soll jener aufrecht stehende Cylinder ohne weitere Kraftleistung seine eigene Masse in unveränderter Form erhalten, soll er nach jeder Richtung mit derselben Leichtigkeit sich bewegen können, so muß auch die Belastung des Körpers eine allseitig gleiche seyn. Und dieses läßt sich ja am leichtesten und vollkommensten durch jenen radiären Bau erzielen, wie wir ihn bei den scheibenförmigen Medusen und Seesternen, bei den cylindrischen Polypen u. a. antreffen. Je größer der Numerus in der strahlenförmigen Wiederholung der Theile ist, desto gleichmäßiger wird sich das Gewicht im Umkreis der Längsachse vertheilen.

Ein radiärer Bau des Körpers hat nun aber mit der allseitigen Vertheilung der locomotiven Apparate auch eine Zersplitterung der locomotiven Kräfte zur Folge, die auf die Schnelligkeit der Ortsbewegung natürlich nicht ohne Einfluß bleibt. Es ist dieses ein neuer Grund, weßhalb die Thiere, um die es sich hier handelt, ausschließlich unter Umständen existiren, unter denen die Erhaltung des Lebens auch bei gesammter oder selbst völlig aufgehobener Ortsbewegung möglich ist, weßhalb dieselben ausschließlich im Wasser leben. Sobald aus irgend welchen Gründen ein Landthier einen aufrecht stehenden cylindrischen Körper besitzt, kann der radiäre Bau nicht beibehalten werden. Die Locomotionsorgane müssen dann eine beträchtlichere Leistung entfalten, sie müssen die ganze Intensität ihrer Kraft für eine bestimmte Art und Richtung der Bewegung verwenden; der Körper hört auf, ein radiärer Körper zu seyn.

Eine solche Haltung und Bewegung des cylindrischen Thierkörpers ist aber keineswegs, wie wir schon vorher angeführt haben, die gewöhnliche. Ein cylindrischer Leib findet den geringsten äußern Widerstand seiner Bewegung in der Längsrichtung, und daher ist denn auch erklärlich, wenn wir sehen, daß die meisten Thiere mit einer Cylinderform sich in der Richtung ihrer Längsachse fortbewegen.

Denken wir uns diese Längsachse nun aber auch als die Gleichgewichtsachse des Körpers, die einzelnen Organe also etwa strahlenförmig um dieselbe gruppirt, wie bei den Thieren mit radiärem Bau, so ist leicht einzusehen, daß dieselbe bei jedem Impulse, um diese Achse

schwanken, ja wohl auch schraubenförmig sich drehen werde. Aber diese Schwankungen würden natürlich die Sicherheit und Gleichförmigkeit der Bewegung manchfach stören und keineswegs in allen Fällen, besonders nicht bei den größeren und landbewohnenden Arten, zulässig seyn.

Unter solchen Verhältnissen ergibt sich nun für diese Formen die mechanische Nothwendigkeit, das Gleichgewicht des Körpers aus einem indifferenten in ein stabiles zu verwandeln, den Schwerpunkt an irgend eine Stelle unterhalb der Längsachse zu fixiren; eine Aufgabe, die sich bei der Heterogenität des thierischen Körpers leicht erfüllen ließ und erfüllt ist, sobald ein horizontaler Schnitt durch die Längsachse den Körper in zwei ungleich schwere Hälften theilt, in eine obere leichtere, die sogenannte Rückenhälfte, und eine untere schwere, die sogenannte Bauchhälfte. Eine verschiedene Vertheilung der Organe auf Rücken- und Bauchhälfte des Körpers wird hier am einfachsten zum Zwecke führen. Die Bauchhälfte wird eine größere Anzahl von Eingeweiden oder doch wenigstens schwerere Eingeweide aufnehmen, als die Rückenhälfte. Nach den verschiedenen physiologischen und mechanischen (man denke nur daran, daß der Schwerpunkt in manchen Fällen, z. B. bei Thieren mit ausgebreiteter Seitenfläche u. s. w., eine tiefere Lage einnehmen muß, als in anderen) Bedürfnissen der einzelnen Formen werden hier viele Verschiedenheiten obwalten. Es darf uns selbst nicht wundern, wenn wir in manchen Gebilden sogar eine gleichmäßige (oder annäherungsweise gleichmäßige) Wiederholung in der Rücken- und Bauchhälfte des Körpers vorfinden (ich erinnere hier an die Analogie der Rücken- und Bauchmuskeln bei den Fischen, der oberen und unteren Bogenfortsätze, der Wirbel, der Rücken- und Bauchextremitäten der Insekten, Würmer u. s. w.), namentlich bei denjenigen Formen, die, wie z. B. die Anneliden u. a., ein nur wenig stabiles Gleichgewicht besitzen und bei ihrer Lebensweise auch besitzen können. Ueberhaupt würde man irren, wenn man etwa annähme, daß die Anordnung, um die es sich hier handelt, ganz unvermittelt neben der Symmetrie von Rücken und Bauch bei den Thieren mit radiärem Körper stehe. Sehen wir nun aber auf die weiteren mechanischen Bedürfnisse unserer Thiere mit stabilem Gleichgewichte, so werden wir finden, daß die rechte und linke Körperhälfte derselben (die ein senkrechter Schnitt durch die Längsachse, der zugleich den Schwerpunkt trifft, von einander scheidet) ein gleiches Gewicht und einen gleichen Halbmesser besitzen müssen, damit das statische Moment derselben keine Verschiedenheiten darbiete. Unregelmäßigkeiten der manchfachsten Art, die nur störend auf die Leichtigkeit und Schnelligkeit der Bewegungen influiren, würden sonst die unausbleibliche Folge seyn. Daß sich diese Gleichmäßigkeit auch auf die bewegenden Kräfte erstreckt, versteht sich von selbst, wie denn überhaupt die ganze Thatsache, um die es sich hier handelt, durch die manchfachsten Erfahrungen des täglichen Lebens in ihrer praktischen Bedeutung schon längst gehörig erkannt ist. Wir brauchen nur die Vertheilung des Gewichtes und der bewegenden Kräfte bei einem kunstgerecht bepackten Wagen oder einer Locomotive zu beachten, um ganz denselben Verhältnissen zu begegnen, wie wir sie bei einem solchen Thiere mit cylindrischem Körper antreffen.

Das Gleichgewicht der rechten und linken Körperhälfte ist nun in derselben Weise hier, wie bei den Thieren mit radiärem Leibe, durch eine symmetrische Entwicklung und Lagerung der einzelnen Organe bewerkstelligt. Alle Apparate, die eine Theilung zuließen, wiederholen sich rechts und links in gleicher Weise, während die unpaaren Gebilde in der Mittellinie des Körpers ihre Lagerung finden, an einer Stelle, wo sie beide Hälften gleichmäßig beschweren.

Je schneller und leichter die Bewegung seyn sollte, desto strenger muß natürlich auch diese Art der Gewichtsvertheilung berücksichtigt werden, desto ausgeprägter die seitliche Symmetrie seyn. Wir dürfen wohl mit Bestimmtheit behaupten, daß z. B. die Schnecken, wenn sie die Geschwindigkeit eines Insektes besäßen, anstatt der gegenwärtigen zahlreichen Störungen des symmetrischen Baues eine gleiche bilaterale Gestaltung zeigen würden. Eine Asymmetrie des Baues ist hier überhaupt nur innerhalb gewisser Grenzen, nur unter bestimmten Umständen (Langsamkeit der Bewegung, wie wir eben gesehen, oder Aufenthalt im Wasser, wie

bei den Schollen und Cetaceen) möglich, und deßhalb mag es denn auch von einem andern Standpunkte aus vollkommen gerechtfertigt erscheinen, wenn wir früher die seitliche Symmetrie des Baues (den sogenannten bilateralen Typus) für ein ebenso durchgreifendes architektonisches Gesetz gewisser Thierformen hinstellen konnten, wie für andere Formen die allseitige (den sogenannten radiären Typus).

Wir haben oben die Lage des Schwerpunktes bei unseren Thieren im Allgemeinen dahin bezeichnet, daß dieselbe irgend eine Stelle unterhalb der Längsachse einnehme. Bei den Thieren mit indifferentem Gleichgewichte fiel derselbe bekanntlich mit dem Drehpunkte zusammen in die Mitte der Längsachse; wir werden es auch hier (bei den Thieren mit stabilem Gleichgewichte) im Allgemeinen als nothwendig annehmen müssen, daß der Schwerpunkt unterhalb des Drehpunktes (wenn wir überhaupt von einem solchen bei diesen Thieren sprechen dürfen), unterhalb der Mitte der Längsachse zu liegen komme. Die vordere und hintere Körperhälfte wird dann in gleicher Weise beschwert seyn.

Physiologische Rücksichten der manchfachsten Art verbieten es aber auch hier, dieses Gleichgewicht durch eine vollständige und genaue Wiederholung derselben Organe, durch eine Symmetrie von vorn und hinten, herzustellen. So wird es z. B. durch die Beziehung der Ortsbewegung (und namentlich einer schnellen und leichten Ortsbewegung) auf die Besitznahme der Nahrung physiologisch nothwendig seyn, die Mundöffnung mit ihren verschiedenen Werkzeugen an das vordere Körperende zu verlegen. Ebenso erklärlich ist es, wenn wir die Sinnesorgane mit den zugehörenden Nervenapparaten gleichfalls am Vorderleibsende antreffen, während die Excretionsorgane u. a. am passendsten eine Stelle in dem gegenüberliegenden Körperende einnehmen u. s. w. Wo diese Theile an Größe und Entwicklung zurücktreten, da ist eine gewisse Analogie des vordern und hintern Körpers (die wir selbst bei den höchsten Thieren noch in der Anwesenheit von vorderen und hinteren gleichmäßig gebauten Extremitäten antreffen) ganz unverkennbar. In manchen Fällen geht dieselbe sogar so weit, daß es schwer wird, das vordere und hintere Körperende gehörig von einander zu unterscheiden.

Solches ungefähr sind die Grundzüge, nach denen sich bei den verschiedenen Thieren die Anordnung und Lagerung der einzelnen Organe richtet. Die Organe sind es ja, die wir als Träger des Gewichtes im Körper der Thiere kennen, die in gleicher Weise die Masse und das Totalgewicht des thierischen Leibes zusammensetzen, die durch die locomotiven Kräfte bewegt werden.

Versuchen wir es nun aber aus einer bestimmten Menge solcher verschiedenen und verschieden schweren Organe nach diesen Grundzügen einen beweglichen Körper zusammenzusetzen, so müssen wir noch dabei berücksichtigen, daß der Kraftaufwand, der zum Fortbewegen einer Last erforderlich ist, nicht bloß durch die Schwere allein, sondern auch durch die Entfernung desselben von dem jedesmaligen Drehpunkte bestimmt wird. Es ist ein bekanntes physikalisches Gesetz, daß dieser Kraftaufwand (natürlich unter sonst ganz gleichen Umständen) im umgekehrten quadratischen Verhältniß zu dieser Entfernung steht. Ist eine gewisse Last dem Drehpunkte um die Hälfte eines frühern Abstandes genähert, so wird sie mit demselben Kraftaufwand vier Mal schneller bewegt werden können, zu einer gleichen Geschwindigkeit einen vier Mal geringern Kraftaufwand erfordern.

Wir haben schon früher gelegentlich auf die große Bedeutung dieses Gesetzes für die Erkenntniß von dem mechanischen Werthe gewisser Einrichtungen des thierischen Körpers hingewiesen. Die ganze umfangreiche Verwendung desselben lernen wir aber erst hier kennen.

Aus dem Princip der geringsten Muskelanstrengung, durch welche der Zweck der Bewegung unter gewissen äußeren Umständen zu erreichen möglich ist, resultirt dem thierischen Körper die mechanische Nothwendigkeit, seine schwersten Organe dem Drehpunkte (Mittelpunkte) so weit zu nähern, als es die räumlichen und physiologischen Verhältnisse gestatten.

Haben dieselben eine cylindrische Form, so liegen sie am zweckmäßigsten in der Längsachse des Körpers; sind sie von gedrungener Gestalt, so rücken sie möglichst in die Nähe des Mittelpunktes.

Denken wir uns z. B. einen Wurm mit seinen Eingeweiden, dem Darm, Nervensystem, Blutgefäßapparat, den excretorischen Drüsen u. s. w. Von allen diesen Theilen ist offenbar der Darm mit seinem Inhalte der schwerste. Er nimmt deßhalb die Längsachse des Leibes ein, eine Lage, in welcher er nicht bloß die obere und untere, die rechte und linke Körperhälfte gleichmäßig beschwert, sondern auch nach dem vorher erörterten Gesetze zur Bewegung eine möglichst geringe Kraftleistung in Anspruch nimmt. Die übrigen Organe werden nach dem Gesetze der seitlichen Symmetrie vertheilt, die paarigen Gebilde (excretorische Drüsen) rücken in die Seitenhälften, während die unpaaren Apparate die Mittellinie einnehmen, jedoch so, daß das Gleichgewicht durch eine größere Belastung der untern Körperhälfte zu einem stabilen wird. Die Mittellinie des Rückens empfängt einen Gefäßstamm, während die Mittellinie des Bauches außer einem analogen Gefäß auch noch das Nervensystem aufnimmt.

Bei einem Wirbelthiere ist dagegen jedenfalls der innere Skeletstamm (die Wirbelsäule) das schwerste aller einzelnen Organe. Natürlich deßhalb, daß es anstatt des Darmkanales die Längsachse des Leibes einnimmt, daß der Darmkanal mit seinen Anhängen u. s. w. an die Bauchseite rückt, um das Gleichgewicht zu einem stabilen zu machen. Nur das centrale Nervensystem nimmt seine Lage oberhalb der Wirbelsäule, theils aus physiologischen Gründen (man denke nur an seine Beziehung zu den Sinnesorganen am vordern Körperende) theils auch um der übermäßigen Belastung der ventralen Körperhälfte einiges Gegengewicht entgegenzusetzen.

Die Lagerung der Baucheingeweide bedarf hier aber noch einer nähern Betrachtung. Wir haben in derselben eine Menge paariger und unpaarer, leichter und schwerer Organe, die gleichmäßig nach beiden Seiten, von vorn nach hinten vertheilt werden müssen, und zwar so, daß die schwersten derselben dem Mittelpunkt am meisten genähert sind. Die Schwierigkeit einer solchen vortheilhaften Verpackung ist bei der Menge dieser Apparate nicht gering und wird überdieß noch dadurch vergrößert, daß der Darm nicht blos in seinen verschiedenen Theilen (Magen, Dickdarm!) ein verschiedenes Gewicht hat, sondern auch durch seine Länge gewöhnlich die Länge der Bauchhöhle übertrifft, sich also mehrfach winden muß.

Ein Blick auf die Baucheingeweide eines Wirbelthiers zeigt uns, wie die Natur diese Aufgabe gelöst hat. Die schwersten Organe, Herz, Leber, Magen, Dickdarm, sind der Mitte des Bauches möglichst genähert, von den Körperenden weit entfernt, um so weiter, je schwerer sie sind. Sehr deutlich sehen wir dieses namentlich da, wo irgend ein Organ bei verschiedenen Thieren ein verschiedenes Gewicht hat, oder bei demselben Individuum zu gewissen Zeiten an Gewicht zunimmt. Das schwere Herz der warmblütigen Säugethiere und Vögel ist der Körpermitte viel mehr genähert, als das Herz der Amphibien und Fische; der schwangere Uterus rückt allmählig aus der Tiefe des Beckens nach vorn und selbst die Hoden treten zur Zeit des geschlechtlichen Lebens oftmals (bei vielen Säugethieren) aus dem Scrotum in die Leibeshöhle.

Die paarigen Organe vertheilen sich dabei natürlich in gleichmäßiger Weise über beide Körperhälften. Die unpaaren sollten nach den Gesetzen der seitlichen Symmetrie die Mittellinie einnehmen und thun es auch, so weit diese Lagerung möglich ist. Wo aber eine Annäherung derselben an den Mittelpunkt des Körpers verlangt wird, da verlassen sie zum Theil diese Stelle und gruppiren sich seitlich. Die Leber mit dem Blinddarm weichen nach rechts aus, Magen und Milz und Herz nach links, um jenen das Gleichgewicht zu halten. Wo das Herz durch die Anwesenheit des Zwerchfells an einem tieferen Hinabsteigen gehindert ist, nimmt es eine geneigte Lage an (stellt sich quer), eine Lage, die bei der conischen Form desselben die tiefste Stelle seines Schwerpunktes, also eine möglichst große Annäherung an die Körpermitte, zuläßt.

Einige vergleichende Bemerkungen über die verschiedenen Bewegungsapparate, besonders der Wirbelthiere.

Wir haben schon im Vorigen bei der Darstellung der Zusammensetzung der Bewegungsapparate manche Bemerkungen über die daraus hervorgehenden Resultate, über das harmonische Zusammenwirken und Ineinandergreifen der einzelnen Theile der Thiere anknüpfen können. Hier haben wir noch Folgendes zur Uebersicht nachzutragen:

Wir unterscheiden unter den vollkommneren Bewegungsweisen der Thiere drei verschiedene Hauptformen: das Bewegen auf dem festen Boden durch Extremitäten, das Fliegen und das Schwimmen.

Unter diesen ist das Schwimmen wohl die einfachste Form, insofern nämlich es dabei fast durchaus auf die Propulsion des Körpers ankommt, während bei den vollkommneren Formen der Bewegung auf festem Boden und bei dem Fliegen der Körper stets durch seine Bewegungswerkzeuge nicht bloß bewegt, sondern auch getragen werden muß. Das Fliegen dagegen erscheint in gewisser Hinsicht wieder einfacher als die Bewegung auf festem Boden. Letzteres ist mannchfacher Abweichungen und Ausartungen fähig, welche in gleicher Weise nicht beim Fliegen vorkommen können: es geht in ein Schleppen des Körpers am Boden oder in ein vollständiges Kriechen über bei Reptilien und Myriapoden, es verwandelt sich in ein Durchwühlen des Bodens bei dem Maulwurfe, der Maulwurfsgrille und anderen mehr oder weniger unterirdischen Thieren; es findet am Boden des Wassers statt bei dem Nilpferde, bei vielen Wirbellosen, z. B. Krebsen, auch einigen Wasserinsecten. Auf der andern Seite erhebt sich diese Bewegungsweise auch einigermaßen über den Boden, indem sie, stets freilich an feste Grundlagen gebunden, zu mannigfaltigen Arten des Kletterns (Umfassen mit den Händen: Affen, Papageien, Baumeidechsen; Umfassen mit den Extremitäten: Mensch, Bär, Raupen; Umfassen mit den Klauen: Faulthier, manche parasitische Arthropoden; Eingreifen der Klauen: Katzen, Spechte, Insekten; Ankleben oder Anheften der Finger oder Füße u. s. w.: Laubfrösche, Geckonen, Fliegen u. s. w. Ankleben von ausgedehnten Körperflächen: Schnecken; Umschlingen mit dem Körper: Schlangen) sich erhebt. Auch wird ferner die Bewegung auf festem Boden ein weniger einfacher Act, als das Fliegen, insofern dabei eine Wechselthätigkeit mehrerer Extremitätenpaare eintreten kann. Diese fehlt ja, unter den vollkommneren Geschöpfen, nur dem Menschen und den Vögeln, während bei den Wirbellosen, in so weit sie überall Beine besitzen, deren nie weniger als sechs und manchmal sehr zahlreiche vorkommen. Die Flugwerkzeuge kommen nur in den Zahlen zwei und vier vor und wirken doch auch im letzten Falle stets*) gleichzeitig (s. oben), während schon die Zweizahl der Gangbeine wenigstens die beiden Fälle des gleichzeitigen und des wechselnden Auftretens darbietet. In der Vierzahl aber kann die Succession des Auftretens der vier Extremitäten, wenn ihre Aufeinanderfolge durch ziemlich gleiche Zeitmaße getrennt ist, schon eine mehrfache sein. Außerdem kann sich das Aufsetzen von je zwei Extremitäten der Gleichzeitigkeit annähern und es können dabei Hinterfuß mit Hinterfuß, Vorderfuß mit Vorderfuß, linker Vorder- rechter Hinterfuß, rechter Vorder- linker Hinterfuß, oder drittens linker Vorder- linker Hinterfuß und rechter Vorder- rechter Hinterfuß combinirt werden.

Bei dem gewöhnlichen ruhigen Gange der Wirbelthiere treten freilich in der Regel Vorder- und Hinterfuß verschiedener Seiten fast gleichzeitig auf. Eben so ist es bei den sechsfüßigen Insekten, so daß hier immer drei Beine gleichzeitig in Action sind und ruhen, Vorder- und Hinterfuß der einen, Mittelfuß der andern Seite.

*) In Beziehung auf den (beim Fliegen) stets gleichzeitigen Gebrauch beider Flügel der Vögel sey hier noch an die, im Verhältniß zur Höhe oft so auffallende Zartheit des Brustbeinkammes erinnert. Die einseitige energische Contraction eines Brustmuskels würde diesen Skelettheil unfehlbar abbrechen: es ist nur durch die Gleichzeitigkeit der Contraction dieser Muskeln möglich, daß dieser Skelettheil so leicht gebildet ist.

Ist eine noch größere Reihe von Locomotionsorganen vorhanden, wie z. B. bei den Myriapoden, dann erscheint das Heben und Aufsetzen der Beine in alternirender Reihenfolge nicht mehr ganz gleichzeitig. Die vorderen Beine sind hier in ihren Bewegungen vor den hinteren immer etwas voraus, so daß sie schon die zweite Schrittbewegung machen, noch bevor die erste von der hintern beendet ist. Daher kommt es, daß die Action der Beine den Gesammtausdruck einer wiederholten, von vorn nach hinten laufenden Wellenbewegung darbietet.

Eine Ausnahme machen die Spinnen. Bei ihnen sind allerdings gleichfalls vier Beine beständig thätig, doch nicht in alternirender Reihe, sondern jedesmal die zwei vordern der einen Seite oder die zwei hintern der andern Seite. Als Grund für diese Eigenthümlichkeit haben wir wohl die größere Länge und Stärke der vorderen und hinteren Extremitäten anzusehen. Sie bilden die Hauptstützen des Körpers, die in den mittleren Paaren nur eine geringe Beihülfe finden mögen.

Etwas Anderes ist es natürlich bei dem Springen oder Schwimmen. Hiebei sind die entsprechenden Beine beider Seiten meist in gleichmäßiger Thätigkeit.

Eine eigenthümliche Bedingung tritt noch zu der Ortsbewegung der Flugthiere hinzu: daß sie schwimmend sich in einem dünnen Medium bewegen, in der Luft welche so viel leichter ist, als ihr Körper. Während die Fische gar keine oder nahezu keine Anstrengung aufzuwenden haben, so lange sie sich nicht fortbewegen wollen, während die Thiere, welche sich durch Extremitäten auf festem Boden bewegen, zu stehen vermögen, kann der Vogel, wie das Insekt, in der Luft nur sich bewegen; will er an einer Stelle verharren, so muß er doch durch stetes Flügelschlagen oder mindestens durch eine Vibration der Flügel eine Kraft gegen die Luft ausüben, welche zur Tragung seines Körpergewichtes hinreicht.

Dazu kommt nun die nothwendige Form und Bewegungsweise der Flügel, um die Bewegung in der Luft zu einer schwierigen, zum Gegenstande eines sehr bedeutenden Kraftaufwandes zu machen. Es ist dieß zwar, indem man die Bewegung der Vögel mit dem Laufe der Säugthiere verglich, gewiß manchmal sehr übertrieben worden. Eine bedeutende Differenz bleibt aber ohne Zweifel nach sorgfältigster Ueberlegung immer zwischen dem Kraftaufwande dieser beiden Bewegungsarten. Der Anatom wird schon deßhalb hieran nicht zweifeln, weil er sieht, wie mächtig im Verhältnisse zu dem ganzen Körper eines Vogels die Muskelmassen sind, welche seiner Bewegung in der Luft dienen, und wie sehr in mancher Rücksicht am Körper des Vogels gespart ist, um ihn recht leicht zu machen.*) Dieß tritt hervor, wie wir gesehen haben, in der Einrichtung des Darmkanals, in den Verhältnissen der wässerigen Ausscheidungen aus dem Blute, in dem Skelet. Ein ganz besonders wichtiger Punkt in dieser Hinsicht ist die Leichtigkeit des Vogelkopfes, welche bei Gelegenheit der Verdauungs- und Sinneswerkzeuge zur Sprache kommt. Indem der Kopf dieser Thiere äußerst leicht gebildet ist, wird freilich eine kräftige Entwicklung des Magens nöthig, durch welche dieser fähig wird, das Kauen zu übernehmen oder vielmehr zu ersetzen. Insofern hätten wir nur eine Verlegung eines Gewichtes vom Kopfe in den Rumpf, was immer schon an sich für das Fliegen wichtig ist. Aber es ist damit auch eine bedeutende absolute Verminderung des Gewichtes möglich. Hätte der Vogel Zähne, so müßte er dazu auch die Knochen und Muskeln haben, und die Insertion der letztern am Schädel würde eine größere Stärke desselben erfordern. Dazu haben die Vögel einen langen Hals und müssen ihn haben. Dieser ganze lange Hals würde für jede Gewichtsvermehrung des Kopfes bedeutend stärker an Knochen und Muskeln, bedeutend schwerer werden müssen, und es würde dieß selbst auf das Rumpfskelet zurückwirken, an welchem die bedeutendsten Muskeln für die Bewegung des Halses sich anheften. Der Werth der Einrichtung des Vogelkopfes ist also sehr hoch anzuschlagen. Wir können noch hinzufügen, daß auch die Fettmassen des Vogelkörpers oft sehr gering sind, so daß namentlich die Haut oft fast unmittelbar auf den Muskeln klebt; endlich werden wir auch das Bestreben, den Vogelkörper von allem entbehrlichen Gewichte zu befreien, noch in einem spätern

---

*) Vgl. Bergmann in Müller's Arch. 1850. S. 365.

Kapitel (von der Metamorphose) in der Einrichtung der geschlechtlichen Functionen wieder finden.

Aehnliche Verhältnisse werden auch wohl bei den Insekten*) obwalten, für die Organisation derselben maßgebend seyn. Allerdings scheinen die Verschiedenheiten derselben z. B. von den nichtfliegenden Spinnen keineswegs so beträchtlich, als zwischen Vögeln und Säugthieren; doch solches mag zum Theil wohl daher rühren, daß bei der Kleinheit und Leichtigkeit der erstern die Verwendung der Muskelkraft nicht so sorgfältig überwacht zu werden brauchte. Kleinere Geschöpfe haben ja im Vergleich mit größeren, so zu sagen, einen Ueberschuß von Muskelkraft, der eine allzu große Sparsamkeit in den Organisationsverhältnissen unnöthig macht.

Auch bei den Insekten ist die Muskelmasse der Flugapparate sehr beträchtlich, der Körper durch die Entwicklung des Respirationsapparates, die Reduction des Fettkörpers relativ und absolut erleichtert. Dazu kommt, daß der Schwerpunkt den Flügeln möglichst nahe gerückt ist. Der Vorderkörper ist wenig schwer, der Hinterkörper durch seine Beweglichkeit nur wenig störend. In letzterer Beziehung zeigen uns sogar die verschiedenen Formen der Insekten, je nach ihrem Flugvermögen, große Verschiedenheiten. Die einen, die weniger gut fliegen, haben bei einer beträchtlichern Durchschnittsgröße einen plumpen, schweren Hinterleib, einen ansehnlichen Prothorax, meist auch Kauwerkzeuge; die anderen dagegen, die vorzugsweise durch den Flug sich fortbewegen, einen schlanken Hinterleib, einen sehr verkümmerten Prothorax und gewöhnlich Saugapparate. Die Kraftleistungen der letzteren sind beschränkt gegen die der ersteren, und diese Ersparniß wird natürlich auch das gesammte Körpergewicht herabdrücken.

Doch auch abgesehen von diesen Einrichtungen am Körper der Flugthiere, geht der größere Kraftaufwand derselben bei der Bewegung aus der Form und Bewegungsweise der Flügel wohl mit Sicherheit hervor. Der Vogel bedarf flächenhaft ausgebreiteter Organe, um einen hinreichenden Stoß gegen die Luft ausüben zu können. Diese Flügel bewegen sich um eine im Schultergelenke liegende Axe, und es muß sich also jeder Punkt des Flügels um so schneller bewegen, und muß einen um so größern Druck gegen die Luft ausüben, je weiter er von dieser Axe entfernt ist.

In demselben Maaße aber, als ein jeder Punkt von dem Schultergelenke entfernt liegt, ist er auch schwer von den niederziehenden Muskeln in Bewegung zu setzen. Der Körper des Vogels stützt sich also wesentlich auf ziemlich weit seitwärts von ihm gelegene Punkte, und wir dürfen in gewisser Hinsicht diese Art von Unterstützung des Körpers mit einer solchen vergleichen, wie sie der Mensch z. B. auszuführen vermag, wenn er sich, beide Arme horizontal, jeden nach seiner Seite ausgestreckt, mit beiden Händen auf zwei festen Punkten schwebend hält.

Wenn hiernach schon die bloße Erhaltung des Vogelkörpers in der Luft eine nicht geringe Kraft in Anspruch nimmt, so würde es offenbar eine wenig zweckmäßige Verwendung des Flugapparates seyn, wenn derselbe nicht so kräftig gebildet wäre, daß er eine Fortbewegung von großer Geschwindigkeit möglich machte, so daß der Theil der aufzuwendenden Kraft, welcher zur Verhinderung des Niedersinkens dient, nur ein möglichst kleiner Bruchtheil der ganzen Kraft wird. Es ist daher ganz begreiflich, weßhalb die Flugbewegung, namentlich der Wirbelthiere, stets so eingerichtet ist, daß sie eine sehr bedeutende Geschwindigkeit zu erzielen vermag. So verschieden auch diese Geschwindigkeit noch unter den Vögeln selbst wieder ist, so sind doch die langsamsten unter ihnen eben nur im Verhältnisse zu den übrigen Vögeln langsam zu nennen. Betrachten wir also einen Vogel im horizontalen Fluge, so ist es wesentlich die Kraft seiner Flügel, durch welche derselbe einestheils fortgetrieben, anderntheils in gleicher Höhe über dem Boden erhalten wird. Das letztere braucht indessen nicht direkt ausschließlich durch den nach unten gerichteten Theil der Kraft des Flügelschlages bewirkt

*) Vgl. Leuckart im Archiv für Naturgeschichte S. 1 ff.

zu werden, sondern es kann die tragende Kraft auch indirekt aus der forttreibenden sich theilweise ableiten, durch die Form oder Lage der Fläche, welche der Vogelkörper der Luft darbietet.

Die stets forttreibende Kraft der Flügel ist nöthig, um den Widerstand der Luft zu überwinden, um dem Körper, welcher sich gleichmäßig fortbewegen soll, in jedem Augenblicke so viel an Bewegung mitzutheilen, als der Widerstand der Luft erfordert. In dieser Hinsicht also wird die Form des Vogelkörpers, namentlich seiner nach vorn gekehrten Fläche, die vortheilhafteste seyn, welche am besten geeignet ist, die Luft zu durchschneiden. Der Widerstand der Luft selbst aber kann bei der Bewegung benutzt werden, um den Fall des Körpers zu hemmen, wenn die Form der Fläche, welche gegen die Luft getrieben wird, dem angemessen ist. In welcher Weise nun die Form dieser Fläche eine solche Wirkung hervorbringen kann, läßt sich aus den bekannten Bedingungen des Aufsteigens eines Papierdrachens leicht begreifen. Indem eine Fläche des Drachens nach unten und vorn (dem Winde entgegen) gebracht, die horizontale Wirkung des Luftstromes aber durch die Befestigung an einem Faden aufgehoben wird, kann nur der nach oben wirkende Theil des Luftstoßes zur Aeußerung kommen. Ganz dasselbe Aufsteigen würde nun auch in ruhender Luft erfolgen müssen, wenn der Papierdrachen mit einer angemessenen Geschwindigkeit durch die Luft getrieben würde, sei dieß durch einen Zug von vorn oder durch einen Schub von hinten, oder sei es auch durch ein an seinen Seiten angebrachtes Flügelpaar. Aus einer solchen Betrachtung dürfte sich ergeben, daß ein rasch fliegender Vogel nur einen größern Theil seiner untern als seiner obern Fläche dem Widerstande der Luft darzubieten habe, um schon durch diesen mehr oder weniger in bestimmter Höhe erhalten zu werden.

Während solchergestalt bei dem Vogel die Kraft, welche ihn trägt, mehr oder weniger als ein Abfall der Kraft erscheint, welche ihn treibt, wird bei den laufenden Thieren die Betrachtung ganz anders ausfallen. Hier bleibt die Unterstützung des Körpers immer dieselbe, und es kann mit derselben eine Fortbewegung von geringer Geschwindigkeit verbunden werden, ohne daß der Kraftaufwand sehr steigt.

Die Funktionen des Stehens, Gehens, Laufens sind nur in Beziehung auf den menschlichen Körper bis jetzt recht genau untersucht. Wiewohl wir hier nun nicht eine Physiologie des menschlichen Körpers schreiben, so dürfen wir doch wohl einige der Resultate anführen, da sie mehr oder weniger auch auf die Bewegung anderer Säugethiere, sowie auf die Bewegung der Vögel mittelst der hinteren Extremitäten anwendbar seyn werden. Ein Vorzug der menschlichen Gangwerkzeuge vor denen anderer Geschöpfe zeigt sich freilich in der Funktion des Stehens, durch die Fähigkeit des Menschen, seinen Unterschenkel vollständiger zu strecken als andere Thiere. So lange das Knie beim Stehen gekrümmt ist, kann eine stete Muskelanstrengung nicht entbehrt werden, welche darauf zu verwenden ist, ein weiteres Zusammenknicken zu verhüten.

Sobald aber das Kniegelenk so gestreckt werden kann, wie das menschliche, daß die darauf ruhende Last vielmehr das Bestreben hat, den Winkel nach hinten hervorzutreiben, so ist keine Muskelkraft mehr nöthig, um dasselbe fest zu erhalten, da dem Vortreten des Gelenkes nach hinten die sehnigen Seiten- und Kniekehlenbänder des Gelenkes sich widersetzen. Auch in der Verbindung des Beckens mit dem Oberschenkel findet sich bei dem Menschen eine solche Einrichtung, daß bei einer gewissen Stellung dieser beiden Theile gegen einander, das Becken allein durch Ligamente gehalten wird, indem dann eine senkrechte Linie vom Schwerpunkte des Rumpfes gerade an der Seite des Hüftgelenkes herabgeht, nach welcher dasselbe nicht weiter gebogen werden kann. Es findet diese Lage in der vielen Menschen sehr gewöhnlichen Stellung statt, wo der Rumpf ausschließlich auf ein Bein sich stützt, während das andere mehr passiv, nur bereit Störungen auszugleichen, etwas nach vorn und seitwärts aufgesetzt wird. Bei dieser Stellung tritt das Hüftgelenk des stützenden Beines etwas nach seiner Seite hervor, und es sind dabei verschiedene Bänder so angespannt, daß kein Sinken des Beckens stattfinden kann. Sehen wir nun mehrere solche vortheilhafte Einrichtungen am menschlichen Knochen- und Bändersysteme, erinnern wir uns auch der früher vom Storch mitgetheilten eigenthüm-

lichen Verbindung des Unterschenkels mit dem Laufe, so wie der verbreiteten Einrichtung der Vögel, daß Krümmung des Knie= und Fersengelenkes die Schließung der Klauen nach sich zieht, so können wir kaum zweifeln, daß eine genauere Untersuchung noch manche Vorrichtungen ähnlichen Zweckes auch bei den Säugethieren nachweisen wird. Wenig Bedenken können wir haben, den Resultaten, welche man über die Schwingung der menschlichen Beine gewonnen hat, eine ausgedehnte Geltung zuzuschreiben, für die Bewegung der Beine der Säugethiere und Vögel. Um von der Bewegung der Beine beim Gehen und Laufen sprechen zu können, wollen wir den Rumpf eines Thieres sogleich als in Bewegung befindlich betrachten. Wir erwähnen nur, daß eine genaue Untersuchung der genannten Bewegungsweisen natürlich diese Bewegung des Rumpfes müßte aus der Ruhe hervorgehen lassen, die Beschleunigung, Verlangsamung, Hemmung derselben, so wie Ablenkungen vom geraden Wege zu untersuchen hätte. Wir wollen uns darauf beschränken, schnellere und langsamere Bewegungen mit einander zu vergleichen, und wollen uns noch dabei erlauben, vorläufig gar nicht auf die bei der Ortsbewegung nicht absolut vermeidbaren senkrechten und horizontalen (seitlichen) Abirrungen des Schwerpunktes von der geraden Linie Rücksicht zu nehmen: wir nehmen an, das Thier bewege sich auf horizontaler Ebene, und sein Schwerpunkt laufe in gerader Linie dieser Ebene parallel. Diese Bewegung soll durch die Beine erhalten werden, sie soll sich weder verlangsamen, noch soll der Schwerpunkt dem Boden näher kommen oder fallen. Die wechselnde Thätigkeit der Extremitäten zeigt sich im Allgemeinen so, daß eine jede eine Zeitlang sich mit dem Fuße am Boden befindet, eine andere Zeit frei durch die Luft schwingt. Da der Körper selbst stets in Bewegung ist, so versteht sich, daß der Fuß, welcher am Boden steht, hinter dieser Bewegung zurück bleibt, und daß er während seiner Schwingung dieß nachholen muß: die Bewegung des Fußes während der Schwingung muß eben so groß seyn als die Bewegung des Rumpfes, somit auch des Hüftgelenks, während des Stehens und Schwingens des Fußes. Da nun das Hüftgelenk dem Fuße in dem Augenblicke, in welchem er sich vom Boden lös't, am weitesten vorangeeilt seyn muß, so ergibt sich zugleich, daß die Gelenke eines Beines, während es auf dem Boden steht, sich strecken müssen. Nur dadurch ist es ja möglich, daß das Hüftgelenk fortschreitet, während der Fuß steht: Streckung des Beins, Entfernung seiner beiden Endpunkte von einander, verstehen sich dabei von selbst. Daraus ergibt sich aber weiter, daß der Rumpf in einer Entfernung über den Boden hin getragen werden muß, welche geringer ist, als er sie beim Stehen mit völlig gestrecktem Beine hat. Jedes Bein, um nach dem Aufsetzen sich allmälig strecken zu können, muß gekrümmt unter dem Rumpfe aufgesetzt werden. Eben so klar ist es dann, daß jedes Bein, um nach der Lösung vom Boden wieder nach vorn schwingen zu können, sich alsbald verkürzen muß, da sonst der Fuß nicht über dem Boden hin nach vorn würde geführt werden können. Es folgt aus dem Zusammenhange dieser Verhältnisse nun ferner, daß dieß Alles in höherem Maße von der schnelleren Bewegung, als von der langsamern gilt. Denn je schneller die Bewegung ist, um so weiter eilt das Fußgelenk dem aufgestützten Fuße voraus, um so mehr muß das Bein sich folglich strecken. Soll es dieß aber, so muß es mehr gekrümmt gewesen seyn im Anfange des Zeitraums, in welchem der Fuß am Boden stand; damit steht aber wieder in nothwendiger Verbindung, daß der Körper sich näher über dem Boden hin bewegt.

So hängen diese verschiedenen Elemente der Bewegung auf das Engste mit einander zusammen. Der letztgenannte Umstand: daß sich mit der schnelleren Bewegung nothwendig eine größere Nähe der Bewegungslinie des Rumpfes oder des Schwerpunktes am Boden verbindet, ist theils so leicht einzusehen, theils auch aus der Beobachtung so bestimmt zu entnehmen, daß wir hieran vielleicht am besten die Darlegung des Einflusses der Pendelschwingung auf die Bewegung der Extremitäten anknüpfen. Wir wiederholen hier nicht die Beweise, durch welche der Einfluß der Pendelgesetze auf die Bewegung der menschlichen Gehwerkzeuge dargethan ist; vielmehr gehen wir den Schritt weiter, vorauszusetzen, daß dieselben Gesetze eine sehr verbreitete Geltung für die Extremitäten der Säugethiere und Vögel haben müssen. Auch haben wir schon früher bemerklich gemacht, wie wichtig für die

Bewegung der Extremitäten überhaupt die Vertheilung des Gewichtes an denselben, wie vortheilhaft namentlich für die Geschwindigkeit die Concentration der Muskelmassen am obern Theile der Beine ist, indem durch selbige der Schwerpunkt höher rückt. Um nun die Extremitäten, ungeachtet der ganz bestimmten Schwingungsdauer, welche eine jede im gestreckten Zustande hat, dennoch für verschiedene Geschwindigkeiten der Bewegung des Körpers brauchbar zu machen, kommen zunächst zwei Umstände zusammen: die größere oder geringere Verkürzung des Beines, wodurch seine Schwingungsdauer vermindert wird, und die Vergrößerung oder Verkleinerung der Excursion der Schwingung. Letztere aber kommt, wie wir sogleich sehen werden, wieder auf doppelte Weise in Betracht.

Ein von der Schwingung nicht direkt abhängiger Umstand ist aber außerdem die Bewegung des Aufhängepunktes oder Hüftgelenkes, welche während der Ruhe des Fußes, wie während seines Schwingens, immer gleichmäßig fortgeht und sich in der letzten dieser beiden Perioden nothwendig zu der Geschwindigkeit hinzuaddirt, welche jeder einzelne Punkt der Länge des Beines durch die Schwingung erhält. Sagen wir also, daß die ganze Bewegung des Fußes bei seiner jedesmaligen Schwingung so groß ist, wie die Bewegung des Hüftgelenkes während der beiden Perioden des Stehens und Schwingens des Beines, so findet sich, daß der Theil der Bewegung des Fußes, welcher von der Schwingung allein herrührt, immer eben so groß ist, als die Bewegung, welche das Gelenk während des Aufstehens des Fußes gemacht hat. Die Veränderlichkeit der Schwingungsdauer, welche sich hieraus ergibt, wäre also zu erläutern. Lassen wir nun ein Thier sich langsam fortschreitend bewegen und dabei, wie es in der Natur des gewöhnlichen Ganges liegt, den Schwerpunkt ziemlich hoch über dem Boden getragen werden. Ein Fuß wird niedergesetzt; wir wollen annehmen, daß er sich in dem Augenblicke gerade unter dem Hüft- oder Schultergelenke befinde. Dieß ist dann der Moment seiner größten Krümmung, so lange er den Boden berührt: das Bein streckt sich von diesem Momente an, bis zur Lösung vom Boden. Diese Krümmung ist aber nach der obigen Voraussetzung eine geringe, es wird deßhalb das Bein sich wieder vom Boden lösen müssen, wenn das obere Gelenk noch nicht viel weiter gerückt ist. Wollen wir nun als Richtung des Beines eine Linie bezeichnen, welche vom Drehungspunkte im Hüftgelenke durch den Stützpunkt im Fuße geht (wobei wir es außer Acht lassen, was auch nicht für alle Füße von Bedeutung ist, daß dieselben eine in die Länge gedehnte Fläche haben können, welche sich vom Boden abzuwickeln hat und bald hier bald dort stützen kann) so machen die beiden Richtungen des Beines im Momente des Aufsetzens und im Momente der Lösung einen geringen Winkel mit einander, wir haben eine Schwingung von geringer Excursion, folglich eine langsame Bewegung. Zudem brauchen die schwingenden Extremitäten sich nur wenig zu verkürzen, um den Boden nicht zu berühren, sie bilden also lange Pendel, schwingen langsam. Es braucht nicht auseinandergesetzt zu werden, wie sich diese Verhältnisse umgestalten, sobald der Rumpf sich in größerer Nähe über den Boden hinbewegt. Für den Raum, welchen ein Bein, als Pendel schwingend in einer bestimmten Zeit zurücklegt, ist nun aber die Größe der Excursion der Schwingung noch in einer andern Hinsicht von Bedeutung. Es kommt nämlich wesentlich auch darauf an, wie groß der Theil der Schwingung ist, welcher bis zum Augenblicke des Aufsetzens durchmessen wurde. Bei der Schwingung des Pendels nimmt die Geschwindigkeit zu, bis der Schwerpunkt des Pendels seinen tiefsten Stand erreicht hat, und nimmt von da an im Aufsteigen wieder ab. Die mittleren oder unteren Theile einer jeden einzelnen Schwingung haben also die bedeutendsten Geschwindigkeiten, und die mittlere Geschwindigkeit, mit welcher sich der Schwerpunkt bewegt hat, ist eine bedeutendere, wenn wir ihn z. B. 3/4 seiner Bahn durchlaufen lassen, als wenn ein volles Ausschwingen oder eine Unterbrechung auf der Hälfte der Bahn eintritt.

Außer dieser veränderlichen Verwendung der Schwingung der Extremitäten, durch welche sie sich verschiedenen Geschwindigkeiten der Ortsbewegung anpaßt, ist nun für diese Geschwindigkeit noch von großer Bedeutung die relative Dauer des Aufgestemmtseins des

Fußes am Boden. Beachten wir, der Einfachheit halber, den Gang des Menschen. Während des Gehens wechseln stets Momente, in welchen nur ein Fuß den Boden berührt, mit solchen ab, in welchen beide Füße aufstehen, der eine eben aufgesetzt, der andere dem Momente der Lösung nahe. Da also jeder Fuß schon steht, wenn der andere seine Schwingung beginnt, und noch steht, wenn dieselbe beendigt ist, so braucht nothwendig der Körper, um denselben Raum zu durchmessen, welchen sein Fuß während einer Schwingung zurücklegt, eine längere Zeit als die Schwingungsdauer des Fußes, es addirt sich zu derselben noch die Dauer des gleichzeitigen Stehens beider Füße hinzu. Da nun diese verringert und selbst = 0 oder gar zu einem negativen Werthe werden kann, so ist auch von dieser Seite die Geschwindigkeit der Ortsbewegung eine veränderliche. So lange die Bewegung das ist, was man im gewöhnlichen Leben Gehen nennt, ist allerdings stets ein Moment des gleichzeitigen Aufstehens beider Füße vorhanden; sobald aber die Bewegungsweise zum sogenannten Laufen wird, verschwindet dieser Moment, es löst sich der Fuß jedes Mal vom Boden, ehe der andere denselben erreicht hat. Der Lauf setzt sich also aus Momenten zusammen, in welchen beide Beine, und aus solchen, in welchen nur ein Bein schwingt. Daraus geht also hervor, daß beim Laufen die Schwingung beider Beine in einer kürzeren Zeit vollendet ist, als in der doppelten Schwingungszeit eines Beines.

Ganz dasselbe, was beim Laufen des Menschen in dieser Hinsicht stattfindet, kann auch im gestreckten Laufe der vierfüßigen Thiere vorkommen. Namentlich dann kommt es vor, wenn Vorderfuß und Vorderfuß, Hinterfuß und Hinterfuß gleichzeitig erhoben werden. Aus der Spannweite von Rennpferden (die des berühmten Eclipse wurde bekanntlich zu 25 angegeben) sieht man sogleich, daß das eine Fußpaar den Boden erst berührt haben kann, nachdem das andere schon sich abgelöst hatte. Wo es sich aber um einen Wechsel, nicht von zwei symmetrischen Extremitäten, wie die des Menschen, sondern von hinteren und vorderen Beinen oder Beinpaaren handelt, da sind allerdings einige Voraussetzungen, welche wir beim Menschen stillschweigend machen, nicht zuläßig: Gleichheit der Schwingungsdauer der betreffenden Extremitäten und was daraus weiter folgt. Erwähnen wir nun schließlich noch, daß der Grad von Streckung, in welcher sich ein Bein befindet, ehe es sich vom Boden löst, nicht immer der äußerste mögliche ist, so werden wir wenigstens einige der wichtigsten Momente angedeutet haben, auf welchen die Manchfaltigkeit der Bewegungsweise der Säugethiere u.s.w. beruht. Der letztgenannte Punkt ist u. a. bei den Gehwerkzeugen des Menschen von Bedeutung, indem das Fersengelenk namentlich bei langsamerem Gange nur wenig, bei schnellerem immer mehr und mehr gestreckt wird. Es ist aber auch bei Säugethieren unschwer zu sehen, daß sich in dieser Beziehung Verschiedenheiten herausstellen, je nachdem sie langsamer oder schneller sich bewegen.

Hautgebilde der Wirbelthiere in ihrer Beziehung zur Bewegung.

Wiewohl die Haut der Wirbelthiere im Allgemeinen nicht in so wichtiger Beziehung zur Bewegung, namentlich zur Ortsbewegung steht, als die mancher Wirbellosen, namentlich der Arthropoden u. a., bei welchen ihre Darstellung deshalb unmittelbar in die Beschreibung der Bewegungswerkzeuge verflochten werden mußte, so sind ihre Funktionen in dieser Hinsicht doch auch nicht unbedeutend, und namentlich haben wir es hier mit einer großen Manchfaltigkeit der Bildungen und physiologischen Beziehungen zu thun. Die Haut der Wirbelthiere besteht regelmäßig aus zwei Schichten, der eigentlichen oder Lederhaut (corium, derma) und der hornigen Oberhaut (epidermis). Die erstere besteht wesentlich aus Zellgewebsfasern, welche bei allen derberen Häuten gleichsam einen dichten Filz bilden. Zwischen diesen feinen Fasern vertheilt findet man elastische Fasern und contractiles Gewebe. Als Einlagerungen in die Haut kommen häufig Knochen vor. (Die Schleimhäute bilden ebenfalls knochenartige feste Theile in sich; dahin gehören besonders die Zähne, deren Ursprung von der Schleimhaut der Mundhöhle die Entwicklungsgeschichte kennen lehrt.) Ueber den Hautknochen geht

denn auch wohl die Epidermis verloren. Namentlich in solchen Fällen können sie auch den Zähnen sehr ähnlich werden. Aus dem Abschnitte von den Aussonderungen her ist es bekannt, daß die Haut bei den Wirbelthieren auch Drüsen verschiedener Art besitzt, welche jedoch mehr in dem Fette und schlafferen Zellgewebe unter der Haut zu liegen und nur mit ihren Ausführungsgängen dieselbe zu durchbohren pflegen. Ebenso stecken die Haare und Federn in feinen Röhrchen, welche die Haut durchsetzen. Ihrer chemischen Zusammensetzung nach sehen wir diese letzten als besondere Entwickelungen der äußern Hautschicht, Epidermis, an. Diese ist in ihrer einfachsten Erscheinung ein dünnes Hornblättchen auf der Haut, welche in deren Oeffnungen als Auskleidung eindringt, die Röhrchen, aus welchen die Haare vortreten, auskleidet u. s. w. Zwischen den äußeren festen Schichten der Epidermis und der Oberfläche der Lederhaut befindet sich eine weiche, aus Zellenkernen und jungen Zellen gebildete Schicht. Diese Zellen platten sich mehr und mehr ab und verbinden sich unter einander zur Bildung neuer Epidermisschichten, während zwischen ihnen und dem Leder stets neue Zellen sich bilden, auf der Außenfläche der Oberhaut aber eine stete Abschuppung vor sich geht. Bei Wasserthieren ist die Zellenstructur deutlicher und das Oberhäutchen sowohl hierdurch, als durch andere Verhältnisse dem sogenannten Epithelium, dem Ueberzuge der Schleimhäute ähnlicher. Die zahlreichen, oft sehr massiven Entwicklungen dieses Hornhäutchens treten außer der Form der Haare und Federn noch als Klauen, Hufe, Schwielen, Hörner u. s. w. auf. Dabei zeigt sich häufig der Zellenbau in einen faserigen umgewandelt. Diese beiden Hautschichten, in den manchfaltigen Formen ihrer Einlagerungen und Auswüchse, werden nun auch auf sehr verschiedene Art mit den Bewegungen in Beziehung gesetzt. Sie können als sehr wesentliches Mittel der Ortsbewegung, als Schutz der Füße gegen Verletzung, als Waffen zu Angriff und Kampf, endlich auch als mehr und mehr passive Vertheidigungswerkzeuge auftreten. Wenn wir hier die beweglichen Stacheln mancher Säugethiere erwähnen, so können wir auch die völlig passive Schutzhülle der Schildkröten nicht mit Stillschweigen übergehen. Wir haben dieselbe, so wie auch die starren Panzer der Gürtelthiere und Aehnliches um so mehr in dem Kap. von der Bewegung zu erwähnen, als diese Vorrichtungen einerseits Bewegung erschweren, anderseits aber auch Bewegung ersparen. Was der Igel durch seine Stacheln, das Gürtelthier durch seinen Panzer, die Schildkröte durch ihre Schale bewirkt, das wird bei anderen durch active Waffen, durch Schnelligkeit des Laufes, durch Eingraben in den Boden u. s. w. geleistet. In dieser Beziehung mögen wir hier denn auch für Wirbelthiere und Wirbellose die Färbungen erwähnen, welche in der Haut, den Haaren, Federn u. s. w. vorkommen. Denn auch diese dienen manchfach den Thieren zum Schutze, namentlich, indem manche mehr wehrlose Geschöpfe Färbungen besitzen, welche denen der Objekte, von welchen sie umgeben zu seyn pflegen, so nahe kommen, daß die Thiere sich dadurch dem Auge entziehen.

Unter den Säugethieren treten in nächster Beziehung zur Ortsbewegung manche Falten der Lederhaut auf. Dahin gehören vor Allem die flügelartigen Bildungen der Fledermäuse, welche wir schon früher erwähnten.*) An sie reihen sich die, besonders zwischen der Vorder- und Hinterextremität jeder Seite ausgespannten, Hautfalten der Galeopitheken, fliegenden Eichhörnchen u. a., welche als Fallschirme und Mittel weiten Sprunges dienen, so daß wir neben ihnen auch des buschigen Schwanzes der Eichhörnchen werden gedenken dürfen. Andere wichtige Hautfalten finden sich zwischen den Zehen mancher schwimmenden Thiere, Seehunde, Schnabelthier, Biber u. s. w. Sie sind unter dem Namen der Schwimm-

*) Man hat von diesen gesagt, daß sie zwar an Tauglichkeit als Flugwerkzeuge hinter den Flügeln der Vögel zurückstehen, dagegen aber einen eigenen Vortheil durch ihre Empfindlichkeit darbieten. Es ist durch ältere Versuche bewiesen, daß Fledermäuse, welche des Gebrauches ihrer übrigen Sinne beraubt sind, dennoch in einem Zimmer flattern können, ohne sich an die Wände zu stoßen. Man hat hieraus früher einen eigenen Sinn folgern wollen, aber es ist unzweifelhaft die Ansicht vorzuziehen, daß die Thiere, indem sie sich festen Gegenständen nähern, den Widerstand der Luft vermehrt fühlen. Offenbar haben diese Flatterhäute dadurch einen Nutzen für diese nächtlichen und die finstersten Höhlen bewohnenden Thiere.

Fig. 287.



Galeopithecus.

Fig. 288.



Biber.

häute bekannt. Als eine andere Klasse können wir die vielen, namentlich hornigen Bewaffnungen bezeichnen, durch welche die activen Bewegungsorgane theils geschützt werden, theils besondere Wirkungen hervorbringen. Hier nennen wir, außer den schwielenartigen Verdickungen an den Sohlen vieler Thiere, besonders die Hufe und Klauen. Bei größeren krautfressenden Thieren finden sich diese, der rein ortsbewegenden Funktion der Füße angemessen, nur als schützende Umhüllung. Ihre Zuschärfung am vordern Rande erlaubt ein sicheres Eingreifen in den Boden und befördert so die Schnelligkeit des Laufes. Der einfache Huf des Pferdes ist zugleich eine tüchtige Waffe, während die breiteren gespaltenen Füße der Wiederkäuer und Dickhäuter es manchen von diesen erlauben, auf morastigem Boden, in Sümpfen, Flüssen und dergl. zu leben, da ihre Füße nicht so leicht einsinken, ihre Zehen sich auch beim Zurückziehen aneinanderlegen, während der Fuß des Pferdes, wenn er z. B. im zähen Thone sich eingedrückt hat, beim Hervorziehen ein Vacuum bildet.

Bei anderen der Thiere mit gespaltenen Klauen sind besonders die elastischen Ballen unter den Füßen von Werth. Diese erlauben z. B. dem Kameel den Lauf durch die glühenden Wüsten, der Gemse die Sprünge auf felsigem Boden, welche den Huf des Pferdes zu Grunde richten würden.

Bei vielen kleineren Thieren sind die Finger mit Klauen bewehrt, welche in ihrer Funktion doch nicht über die eben genannten hinausgehen: der Hund, der Hase u. s. w. haben von diesen Klauen keinen weitern Nutzen, als daß dieselben beim Laufe ein sicheres Abstoßen des Fußes vom Boden gewähren.

Auf eine ganz eigene Weise scheint dieß bei dem Jerboa unterstützt zu seyn, welches für seine großen Sprünge eine besondere Hülfe wohl bedürfen kann. Bei ihm findet sich unter dem Fuße, an der Wurzel der Mittelzehe, ein kleiner, horniger Stachel.

Andere Entwickelungen der Klauen treten auf, wenn dieselben zum Wühlen, Klettern und zum Kampfe benutzt werden sollen. Wo sie bei der erstgenannten Funktion besonders wirksam seyn sollen, finden wir eine scharfe und flache Form, Schaufelform, bei manchen Thieren. Mächtig ausgebildet zum Zerstören der festen Ameisengebäude finden sich die Klauen bei verschiedenen ameisenfressenden Thieren. Der große graue Bär Nordamerika's gräbt sich mit seinen gewaltigen Klauen Wurzeln aus.

Zum Behuf des Kletterns können die Klauen dienen, wenn sie, sehr lang und groß, wie beim Faulthiere, gegen die Hand- und Fußfläche zurückgebogen und so wie Haken zum Anhängen an Baumäste benützt werden. Sind sie kleiner und besonders scharf, so können sie in Risse und Spalten der Baumrinden eingreifen: Eichhörnchen, Katzen.

[illegible]n letzteren, sowie bei Paradoxurus zeichnen sie sich durch große Schärfe aus, welche

sich dadurch stets erhält, daß sie beim gewöhnlichen Laufen stets in die Höhe gerichtet sind und den Boden nicht berühren. Hiedurch werden sie zu vortrefflichen Waffen, deren sich ja die Katzenarten mit großer Gewandtheit bedienen. Bei diesen werden die Zehen, so lange von den Klauen nicht Gebrauch gemacht werden soll, so geknickt, daß das erste Glied nach vorn und aufwärts, das zweite nach vorn und abwärts, das Nagelglied aber wieder nach aufwärts gerichtet ist. Die Form der Gelenke so wie elastische Bänder dienen dazu, diese Lage mit Bequemlichkeit zu erhalten, während im Augenblicke des Gebrauchs der Klauen die Muskeln ein Strecken der Zehen bewirken. — Für die Erhaltung dieser scharfen Klauen ist aber auch durch stetes Nachwachsen gesorgt, während die älteren Hornschichten durch eine eigene Sitte der Katzenarten von der Oberfläche der Klauen entfernt werden. Es ist dieß eine Art von Wetzen; die Katzenarten kratzen von Zeit zu Zeit an harten Gegenständen. Doch scheinen sie dieselben auch nicht gern allzu hart zu wählen. Die Rinde mancher Bäume trägt die Spuren davon und es finden sich diese Spuren eben so in den Wäldern, in welchen der Tiger haust, als in unsern Baumgärten. Es ist derselbe Instinct, welcher auch die Nagethiere treibt, ihre Vorderzähne oft zu gebrauchen, Holz und dergl. zu benagen, da dieselben ohne eine gewisse Abnutzung eine ungeschickte Form annehmen würden. — Wo die Klauen, nicht mehr spitz, noch auch umhüllend, nur als flache Nägel auf der Rückseite der Finger liegen, dienen sie dann auch nur, um den weichen Theilen der Fingerspitzen einen festen Rückhalt zu geben. An den Flossen der echten Cetaceen fallen auch diese Bewaffnungen weg. — Die hornigen Stacheln an den Hinterbeinen der Monotremen wurden schon bei Gelegenheit der Hautdrüsen erwähnt. Ihre Funktion ist nicht klar. Für Waffen wäre jedenfalls die Lage an den Hinterbeinen sonderbar.

Weniger ausgebreitet im Vorkommen, als die Bewaffnungen der Füße, — wo sie sich aber finden, sehr wichtig, — sind die sogenannten Hörner und Geweihe der Säugthiere. Diese, wiewohl gerade von ihnen die Hornsubstanz ihren Namen entlehnt, bestehen doch nur in wenigen Fällen ausschließlich aus Horn, weit häufiger ganz aus Knochen, vielfach aber aus einem Horne, welches von seiner Basis an eine Strecke weit einen knöchernen Kern, einen Auswuchs der Stirnbeine, enthält.

Der erste seltene Fall findet sich nämlich nur bei dem Rhinoceros, bei welchem ein starker, horniger Kegel (oder zwei) mit der Basis auf einer rauhen Fläche der Schädelknochen befestigt ist. Theilweise von Horn, aber an der Basis hohl, von einem knöchernen Kern oder Zapfen gefüllt, sind diese Waffen bei Schafen, Rindern, Ziegen, Antilopen; ganz knöchern ist dagegen das Geweih der Hirsche. Dieser Knochen ist aber nicht ein bloßer Auswuchs des Stirnbeines. Der Schädel liefert allerdings einen bald höhern, bald weniger hervortretenden Auswuchs als Fußgestell des Geweihes (Rosenstock); dieser selbst aber ist eine besondere Knochenbildung und kann eben deßhalb periodisch abgeworfen werden. Das neue Geweih entsteht dann als ein erst weicher, blutgefäßreicher, mit Haut überzogener Auswuchs, welcher von unten her rasch die Knochenstructur annimmt, während sein oberes Ende oder seine Enden fortwachsen, bis sie ihre bestimmte Form erreicht haben und dann ebenfalls von dem nachwirkenden Verknöcherungsprocesse ergriffen werden. Darauf verdorrt die umgebende Haut und wird abgestreift durch das „Fegen.“ Dem Zustande eines Geweihes vor dem Verluste der Haut vergleichbar sind die einfachen Knochenzapfen auf der Stirne der Giraffe. Denn diese bleiben stets von der Haut verhüllt. — Mit jeder bedeutenderen Entwickelung von Hörnern oder Geweihen sind nothwendig manche Einrichtungen des Skelettes verbunden, welche sich auf das Tragen dieser schweren Waffen und auf ihren Gebrauch beziehen: Starke Entwickelung des Hinterkopfes, der Halswirbel, der Dornfortsätze an diesen und besonders den ersten Brustwirbeln. Je nachdem der Apparat als Horn zum Stoßen oder als Geweih zum Schlagen gebraucht wird, sind diese Einrichtungen, so wie auch die Festigkeit der Stirne, einigen Veränderungen unterworfen.

Neben den Hörnern erwähnen wir auch gewisser Zähne, welche offenbar weniger mit der Aufnahme der Nahrung zu thun haben, als sie vielmehr Waffen zum Kampfe sind. Mehrere,

in Bezug auf diese Zähne erwähnenswerthe Umstände enthalten zugleich die Motive, sie gerade neben den Hörnern zu nennen. Der eben erwähnte Zweck tritt bei ihnen, wie bei den Hörnern, sehr gewöhnlich darin hervor, daß sie ausschließlich oder vorwiegend entwickelt dem männlichen Geschlechte zukommen: der Stoßzahn des Narwal, die Stoßzähne des asiatischen Elephanten, die langen Hakenzähne des männlichen Moschus, die Hauer der Eber u. s. w. Mit ihrem Zwecke hängt es auch sehr natürlich zusammen, daß sie weniger regelmäßig vorkommen (so fehlen die großen Stoßzähne auch sehr vielen männlichen unter den asiatischen Elephanten), daß sie eine lange und weniger bestimmt begränzte Entwickelung haben, als die bei der Ernährung betheiligten Zähne, darum auch weit aus dem Maule hervortreten können. In kleinerem Maaße kommen Zähne, welche durch ihre spitzige Form ungeeignet erscheinen müssen, auf das Nahrungsmaterial zu wirken, noch bei manchen Wiederkäuern, so wie auch bei den Pferden vor. Und auch hier ist der Unterschied der Geschlechter merklich, so wie auch noch das Verhältniß bemerklich gemacht worden ist, daß unter den ungehörnten Wiederkäuern sich solche Zähne in bedeutender Entwicklung vorfinden. So bei den Cameliden, ganz besonders aber bei dem so eben genannten Moschus. — Daß die Zähne Hautgebilde sind, und auch deßhalb hier stehen dürfen, ist im Eingange des Kapitels bemerkt worden. Als Mittel zu eigentlicher Ortsbewegung kommen die Zähne nur sehr selten vor. Das Walroß gibt jedoch ein Beispiel davon, indem es wirklich sich mit den Zähnen anhängen, auch fortschleppen soll. Vielleicht benutzte das fossile Dinotherium seine Zähne in ähnlicher Art. Mehr passive, nur auf Schutz berechnete Gebilde sind manche Stacheln und Schuppen: Stacheln der Igel, Stachelschweine, Echidna; Schuppen des Pangolin. Bekannt ist, wie diese Thiere sich zusammenrollen und dadurch jede nicht von solchen scharfen Waffen besetzte Stelle der Haut den Angriffen ihrer Feinde entziehen. Dabei wird zugleich durch Wirkung der Hautmuskeln jeder Stachel festgestellt, und zwar so, daß sich dieselben in verschiedenen Richtungen kreuzen, während im Zustande der Ruhe die Stacheln leicht auseinanderzustreichen sind. Uebrigens machen die Thiere, wenn sie auch nicht, wie das Alterthum fabelte, ihre Stacheln abzuschießen vermögen, doch zuweilen auch einen mehr activen Angriff mittelst derselben. Ich habe mehrfach bemerkt, daß Igel, welche nicht so scheu waren, sich bei jeder Annäherung gleich zusammenzukugeln, so wie man die Stacheln auf ihrem Rücken berührte, etwas in die Höhe sprangen und so durch ihre Waffen verletzten. Besonders junge Zaunigel thun dieß mit vieler Lebhaftigkeit. Die schuppenartige Hautbewaffnung bei Manis, die panzerartige bei dem Gürtelthier hat man auch, ebenso wie das sehr dichte Haar des Ameisenbären, als eine gerade der Lebensweise dieser Thiere sehr angemessene Bewaffnung betrachtet, indem sie damit den Angriffen der Ameisen sich ungestraft aussetzen dürfen. Die gewöhnlichen Haare, Wolle u. s. w., als schlechte Wärmeleiter vorzugsweise wichtig, verdienen doch auch immer als mechanischer Schutz der Haut eine Erwähnung. Wie sie ihrer Natur nach mit jenen Stacheln übereinstimmen, nur durch die Dimensionen von ihnen verschieden, so sind die Haare auch einigermaßen beweglich durch das in die Haut eingelagerte contractile Gewebe. Ein besonderer Zweck dieser Bewegung ist nicht bekannt. Manchfach aber sind sie uns ein Kennzeichen der Gemüths- und Körperzustände. Wie das Muskelspiel des menschlichen Körpers und besonders des Gesichtes, das Erröthen und Erblassen, das Haarsträuben u. s. w. uns die Gemüthsaffectionen der Menschen verrathen, so gibt es auch bei den Thieren manchfache Zeichen dafür und es spielt das Haarsträuben und das Niederlegen der Haare, z. B. sehr auffallend auf dem Rücken des Hundes, seine Rolle unter den verschiedenen Momenten, welche den physiognomischen Ausdruck bedingen. Auch der Eindruck von Krankheit und Gesundheit, welchen die Thiere machen, beruht wesentlich mit auf dem Zustande ihres Pelzes. Dieser wird freilich außer der Spannung des contractilen Hautgewebes, welches die Richtung der Haare, die Glätte und den Glanz oder die Rauhigkeit und Mattigkeit des Ansehens bedingt, auch noch durch die Thätigkeit der Schmierdrüsen mit bewirkt, welcher die Haare ihre Fettigkeit verdanken.

[illegible] Folgenden etwas vorgreifend können wir hier daran erinnern, daß bei den Vögeln,

bei welchen die contractile Faser in der sonst zarten Haut eine bedeutende Rolle spielt, diese Erscheinungen der Aufrichtung der Federn auch sehr in die Augen fallen. Hier finden wir ja auch mehrfach (Kakadu, Wiedehopf) in der Stirngegend bewegliche Federkronen, welche in stetem Wechsel sich heben und senken, wie die Aufmerksamkeit, der Zorn der Thiere u. s. w. erregt werden.

Den höchsten Grad der Passivität, an die Bedeckungen der Schildkröten erinnernd, bieten die harten Horn- und Knochenschilder in der Haut der Gürtelthiere dar.

Bei den Vögeln gewahren wir in Beziehung auf die Ausrüstung der Haut eine künstliche, zugleich aber sehr gleichförmige Anordnung. Es zeigt sich auch hierin, wie in vielen anderen Zügen ihres Baues, daß die bestimmte Lebensweise, für welche sie geeignet sein sollten, den Bereich der Möglichkeiten sehr eingeschränkt hat. Um den Vogel zum Fluge fähig zu machen, dazu gehört gar vielerlei, wie wir gesehen haben, und damit ist es auch nicht zu vereinigen, daß harte schwere Panzer ihren Leib umgürten. Wie sollten sich dergleichen Einrichtungen bei Vögeln finden, da sie schon unter den Säugethieren nur trägeren Geschöpfen zukommen. Die Schnelligkeit ist die Hauptwaffe der Vögel, nur was sich damit vereinigt, kann in die Organisation des Vogels aufgenommen werden.

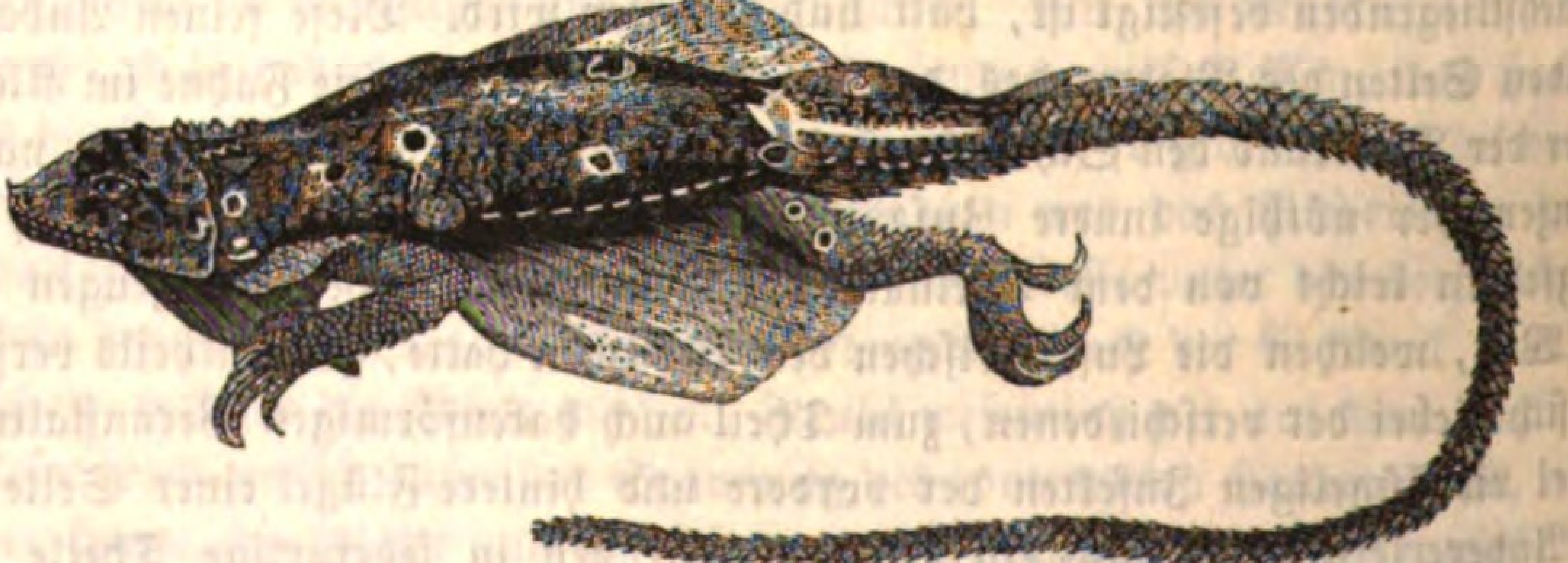
Während die Lederhaut der Vögel uns eben nichts zu bemerken gibt, als die Schwimmhäute und die Flughautfalten, welche den Winkel zwischen Körper und Oberarm (kleinere Flughaut) und den Winkel zwischen Ober- und Vorderarm (größere Flughaut) ausfüllen, ist es unter den hornartigen Bildungen besonders die Feder, welche hier unsere Aufmerksamkeit erregt, durch ihre Verbreitung unter den Vögeln, durch ihre wichtigen Funktionen, durch ihren zierlichen Bau. Aus ihrer Anordnung treten uns immer gewisse große starke Federn, besonders an Flügeln und Schwanz hervor, auf welchen wesentlich die Bewegung des Vogels beruht. Diese sind ganz besonders durch Muskeln beweglich. Die langen Federn der Flügel sind durch Sehnen unter einander verknüpft, so daß sie gleichzeitig, ohne aus ihrer Ordnung zu kommen, aufgerichtet und niedergelegt werden können. Daß auch die großen Federn des Schwanzes ihren selbstständigen Bewegungsapparat haben (abgesehen von den Wirbeln des Schwanzes) zeigt das Radschlagen des Pfau's, Puter's u. s. w. — Jede der großen Federn, von einem zum andern Ende sehr regelmäßig und bis zu großer Feinheit an Stärke abnehmend, ist in zwei Reihen mit Blättchen besetzt, welche die bekannte Fahne bilden. Wir brauchen diese nicht zu beschreiben, Jeder weiß, was mit der Fläche, mit dem obern und untern Rande eines solchen Blättchens gemeint sein kann. Es ist bei diesem Baue klar, daß noch eine besondere Einrichtung nöthig ist, um diese Blättchen in ihrer Lage zu halten. Sie sollen wie eine zusammenhängende Fläche gegen die Luft wirken, aber der Druck, welcher eben bei dem Fliegen von den Flügeln ausgeübt werden soll, wird sehr leicht diese Continuität trennen, die Blättchen von einander entfernen. Sieht man nun mit dem Mikroskope auf den obern Rand der Blättchen (auf die convexe Seite der ganzen Fahne), so bemerkt man, daß von jedem obern Rande eines Blättchens zu dem nächsten in schräger Richtung hinüber feine Blättchen, Härchen, Häkchen gerichtet sind, wodurch jedes Blatt an dem zunächstliegenden befestigt ist, hält und gehalten wird. Diese feinen Anhängsel stehen so an beiden Seiten des Blattrandes, daß sie gleichsam wieder eine Fahne im Kleinen bilden, zu welcher der Blattrand den Schaft darstellt. Durch diese Vorrichtung wird nun nicht blos dem Ganzen der nöthige innere Zusammenhang gegeben — man kann sich an frischen Schwungfedern leicht von dem Aneinanderhängen der Blättchen überzeugen —, sondern auch der Weg, welchen die Luft zwischen den Blättchen hatte, großentheils verstopft. Man erinnert sich hiebei der verschiedenen, zum Theil auch hakenförmigen Veranstaltungen, durch welche bei vierflügeligen Insekten der vordere und hintere Flügel einer Seite an einander haften. Andererseits liegt auch ein Vergleich mit den in federartige Theile zerspaltenen Flügeln gewisser mottenartiger Schmetterlinge nahe, obgleich der Zusammenhang derselben nach den Untersuchungen von Leuckart nur durch Verfilzung der zweizeiligen haarförmigen Strahlen (langgestreckter Schüppchen) vermittelt wird, die aber auch hier durch die An-

wesenheit zahlreicher, äußerst kleiner spitzenförmiger Hervorragungen erleichtert ist. — Uebrigens wird auch der Andrang der Luft gegen diesen Apparat schon bedeutend gemindert durch ein kleines Querblättchen, welches vom untern Rande jedes Blättchens einseitig ausgeht und den Spalt zwischen den beiden unteren Rändern zweier Blättchen ziemlich füllt. — Durch solche Formbeschaffenheit neben ihrer Leichtigkett und Festigkeit wird die Feder zum Instrumente des Fluges. Wo sie einfach als Körperhülle verwandt ist, können solche Einrichtungen auch mehr oder weniger vereinfacht sein. — Ausnahmsweise werden die Federn noch auf eine besondere Weise in den Dienst der Ortsbewegung gezogen bei vielen Klettervögeln, welche sich auf den Schwanz stützen und ihn dabei abnutzen. — Die chemische Untersuchung weist nach, daß sich die Federn vor anderen hornartigen Bildungen durch Reichthum an Kieselsäure auszeichnen.

An den Füßen wiederholen sich Hornbewaffnungen, bald Nägel, bald Klauen, wie bei den Säugethieren. Dieselben sind bei den Raubthieren unter den Vögeln besonders zum Greifen eingerichtet, da die Vögel eine schwere Beute nicht gut im Schnabel tragen können. Bei den Schwimmvögeln freilich, welche ja vielfach von Fischen leben, deren Füße aber nicht zum Greifen taugen, geschieht das Tragen (beim Füttern der Jungen) öfter im Schnabel, öfter aber wohl im Kropfe. — Die Bedeckung des untern Beines besteht sehr regelmäßig aus einer starken glatten Epidermis, welche bald größere Tafeln darstellt, bald netzförmig gefurcht ist. — Als besondere Waffen an den Füßen erwähnen wir die Spornen der Hähne; eigenthümlich ist auch die zackige Bewaffnung eines Randes der Mittelzehe bei verschiedenen Vögeln, z. B. Reihern. Man hat diese für ein Instrument zum Reinigen des Gefieders gehalten, und es ist nicht zu läugnen, daß diese Zacken selbst eine auffallende Aehnlichkeit mit einem Kamme haben können; so bei dem Caprimulgus. Des Schnabels, als wichtigen Werkzeuges, haben wir schon bei der Nahrungsaufnahme Erwähnung zu thun gehabt. Das Ergreifen der Beute ist ja seine stete Funktion. Doch tritt er auch wohl in nähere Beziehung zur Ortsbewegung: manche Vögel, besonders Papageien, Kreuzschnäbel bedienen sich ja desselben beim Klettern; ganz gewöhnlich ist er aber die wesentlichste Waffe im Streite. Außerdem ist er bei allen Vögeln sehr wesentlich für das Putzen, Ordnen und Einölen des Gefieders. Die Drüse, welche das für das Gefieder so wichtige Fett liefert, liegt an den Schwanzwirbeln und ist besonders, aus begreiflichen Gründen, bei Wasservögeln sehr entwickelt.

Bei den **Reptilien** wird immer ausschließlicher das Maul zur einzigen Waffe. Einige Saurier und Krokodile sollen mit dem Schwanze schlagen, dessen Rücken mit harten, auch manchmal scharfen Hervorragungen besetzt ist, welche der Haut angehören. Besondere Bewaffnungen der Extremitäten, deren ortsbewegende Function ja ebenfalls hier zurücktritt, kommen also hier natürlich weniger vor. Zum Klettern sind sie zum Theil durch feine Klauen befähigt, wie die gewöhnlichen Eidechsen, zum Theil durch blätterige (Geckonen) oder auch schlichte Haftflächen. Als Fallschirm, wie die Flughaut der fliegenden Eichhörnchen, ist die Haut bei dem sogenannten Drachen, Draco volans, entwickelt. Die Unterstützung dieser Hautfalte

Fig. 289.



geschieht aber hier in einer eigenen Weise. Es finden sich jederseits an dem Rumpfe des Thieres eine Reihe langer dünner Knochen weit nach hinten und außen hervorragend. Es

sind dieß Rippenverlängerungen, welche eine so sonderbare Richtung annehmen, statt die Rumpfwand des Körpers zu umgeben, und über sie ist jene Hautfalte gespannt.

Die Haut der Schlangen scheint auf eine eigene Weise in Anspruch genommen zu werden, zum Behufe einer besondern Art von Bewegung. Die Schlangen bedürfen zum Fortrücken nicht immer der schlängelnden Bewegungen, des Anstützens an seitlich gelegene feste Körper u. dgl., sondern sie vermögen auch auf eine Weise am Boden hinzugleiten, welche recht eigentlich das „Gehen auf dem Bauche" genannt werden kann. Wenn wir voraus=schicken, daß die Schlangen sehr stark mit Hautmuskeln versehen sind und daß diese theils von Hautschildern zu Hautschildern, theils von Skelettheilen zu Hautschildern verlaufen, so wird diese Bewegungsweise sich verstehen lassen. Wir werden für dieselbe Muskeln in Thätigkeit setzen können, welche die Bauchschilder in der Längsrichtung des Körpers gegen einander zu ziehen vermögen, und andere, welche die Rippen gegen die Hautschilder oder diese gegen jene zu verschieben im Stande sind, und alle diese Muskeln finden sich reichlich entwickelt vor. Nehmen wir nun an, daß eine Schlange sich beim Liegen auf dem Boden nicht gleich=mäßig auf alle Theile ihres Bauches stütze. Um den Druck auf einen Theil der Bauchhaut aufzuheben, wird eine sehr geringe (dem Auge unmerkliche) Erhebung der Wirbelsäule an dieser Stelle genügen. Ja es wird dieß selbst durch eine kleine Erhebung der untern Rippen=enden, an der betreffenden Stelle schon möglich seyn. Dadurch werden die Bauchschilder an dieser Stelle beweglich, während sie davor und dahinter, zwischen das Thier und den Boden geklemmt, weniger beweglich seyn müssen. Lassen wir nun im vordern Theile dieser Stelle die Hautmuskeln, welche von Schuppe zu Schuppe gehen, sich zusammenziehen, so wird diese Hautstrecke sich verkürzen, der dahinter liegende Theil sich dehnen; es rücken alle Bauch=schuppen hier theils mehr, theils weniger nach vorn. Lassen wir nun das Thier sich auf die Schuppen stützen, welche am weitesten nach vorn gerückt sind, und durch die von den Schuppen rückwärts zu den Rippen laufenden Muskeln den Rumpf in der Haut wieder nach vorn ziehen, so ist ein Act einer solchen Bewegung vollendet. Diese Art von Wechselwirkung der Haut und Rippen, bei welcher immer ein Stück Haut vorgezogen wird und dann seine Rippen nachzieht, geht nun ohne Zweifel wellenartig an dem Thiere hin und findet immer gleichzeitig an verschiedenen Stellen statt. Man hat gesagt, daß die Schlangen mittelst der Rippen gehen, was nach dem Vorigen zwar wahr, aber nicht genügend ist. Dieser Ausdruck würde nur dann völlig entsprechen, wenn die Haut an den Rippenenden fest wäre, so daß die Rippen mit ihrer Hautbekleidung gleichzeitig fortschritten.

Bei den nackten Reptilien kommen Hautgebilde, namentlich zur Unterstützung des Schwimmens, in mehrfacher Form vor: bei den Fröschen als Schwimmhäute, bei den ge=schwänzten in dieser Form nur angedeutet (als Hautsäume an den Zehen), weit wichtiger als flossenartige Erhöhungen der Seitenfläche des Schwanzes, ja des Rumpfes. Mit den Flossen der Fische verglichen, erscheinen sie als unvollständig durch den Mangel an Skelet=theilen. Solche Hautkämme auf dem Rücken und hohe scharfkantige Schwänze finden sich theils bei denen, welche stets im Wasser leben (vgl. die Fig. des Axolotl) theils auch bei solchen, welche nicht ausschließlich auf das Wasser angewiesen sind, wie unsere Tritonen

Fig. 290.



Fig. 291.



(Fig. 291). Diese letzteren halten sich einen Theil des Jahres hindurch im Wasser auf, sind aber besonders zur Zeit der Begattung sehr lebhafte Schwimmer. Damit steht dann bei

mehreren und besonders den Männchen ein Wechsel in der Entwicklung dieser zum Schwimmen dienenden Hautgebilde in Beziehung, indem dieselben im Frühjahre weit größer gefunden werden, als im spätern Theile des Jahres. — Die Schutzbewaffnung der geschuppten Reptilien besteht, wo sie in nennenswerther Weise vorkommt, besonders aus Verdickungen und Verknöcherungen der Lederhaut. Bei den Krokodilen erreichen dieselben eine bedeutende Größe und Festigkeit, und bei den Schildkröten bildet sich durch Verwachsung von Hautknochen mit Theilen des innern Skelets jener bekannte (Fig. 234) solide Panzer, welcher noch mit einer derben Horn- oder Epidermisplatte, dem sogenannten Schildpatt, überzogen ist. In der Ausbildung, in welcher sich diese harte Bedeckung bei diesen Thieren findet, ist sie ein bedeutendes Hemmniß der Bewegung, indem, wie schon früher erläutert wurde, die Biegsamkeit des Rumpfes völlig verloren geht. Bei vielen nackten Reptilien dürfen als Schutzbewaffnungen die zahlreichen Giftdrüsen der Haut angesehen werden, über welche früher (S. 194) berichtet wurde. Die Verhältnisse, auf welchen die Existenz solcher Thiere, besonders aber der eigentlichen Kröten, beruht, sind somit ganz eigenthümliche. Langsam von Bewegung, von schwachem, weichem Körper, scheint die Kröte unfähig, irgend einem Feinde zu widerstehen oder ein Insekt zu haschen, was so viel schneller ist, als sie selbst. Aber der stärkere Feind scheut die giftige stinkende Haut, während das verdachtlose Insekt sich in nächster Nähe des dunkelfarbigen bewegungslosen Geschöpfes niederläßt und so von der raschen Zunge desselben erreicht wird.

Die Fische, bei welchen sehr allgemein die Haut das Verbindungsmittel zwischen den Flossenstrahlen bildet und so als Bewegungswerkzeug auftritt, besitzen in ihr als Schutzmittel größere oder kleinere, schild- oder schuppenförmige harte Ablagerungen. Diese haben mehrfach entschieden den Bau des Knochens, während allerdings die gewöhnlichen Schuppen von demselben merklich abweichen. Solche harte Bildungen treten mehrfach als Dornen, Stacheln, Zähne hervor und eignen sich dann auch zum Theil sehr zu Angriffswaffen. So die Zähne in der Säge des Sägefisches, welche im Baue mit gewissen eigentlichen Zähnen nach Leuckart's Untersuchung sehr übereinstimmen, ihrer Lage nach aber nicht so ohne Weiteres mit den gewöhnlichen Zähnen zu vermengen sind. Auch in den Spitzen der eigenthümlichen Nägel auf der Haut der Nagelrochen und anderwärts hat man deutlichen Zahnbau gefunden.

Lufträume in den Thieren in ihrem Verhältnisse zur Bewegung.

Die im thierischen Körper vorkommenden Gasgemenge treten mehrfach durch ihr geringes specifisches Gewicht in wichtige Beziehung zur Bewegungsthätigkeit. Jedoch ist die Rolle, welche sie in Folge dieser Eigenschaft spielen, nach der Bewegungsweise des Thieres eine verschiedene, je nachdem diese im Schwimmen besteht oder nicht. Bei den Säugethieren kommen Lufthöhlen, wie wir gesehen haben, in den Knochen des Schädels vor. Geht man von der Voraussetzung aus, daß für irgend andere Zwecke die Außenfläche des Oberkiefers, des Stirnbeines u. s. w. nun eben die bestimmte Form haben sollten, welche sie zeigen, so ist es offenbar, daß diese Form auf keine für die Ortsbewegung, speciell für die Bewegung des Kopfes sparsamere Weise hätte erreicht werden können, als durch die Anlage von Luftzellen in diesen Knochen. Es ist dieß bis jetzt der einzige physiologische Gesichtspunkt für diese Knochenhöhlen. Von einer Wichtigkeit der Feuchtigkeit, welche an ihren Wänden ausschwitzt, weiß man nichts. Ganz anders steht es nun freilich mit den Lungen. Natürlich aber darf uns die hohe physiologische Wichtigkeit, welche diese Organe als Athmungswerkzeuge besitzen, das Streben nicht als überflüssig erscheinen lassen, sie auch in dieser Beziehung, bloß als Behälter einer sehr leichten Masse, zu würdigen.

Als Athmungsorgane könnten wir sie uns vielleicht auch in einem andern Theile des Körpers gelagert denken. Indem sie aber in der vordern Hälfte des Rumpfes liegen, so bewirken sie, daß der Schwerpunkt weiter nach hinten fällt, als wenn die Lungen hinten und irgendwelche Unterleibseingeweide vorn in der Rumpfhöhle lägen. Je weiter aber der Schwer-

punkt gegen das Becken hinrückt, um so leichter vermögen die Muskeln der hintern Extremitäten diejenigen Hebungen (und überhaupt die Bewegungen) dieses Punktes hervorzubringen, welche bei der Ortsbewegung der Säugethiere so wichtig sind.

So steht es also in einiger Beziehung zu der ausgebildetern Ortsbewegung der Säugethiere und der unvollkommneren der Reptilien (auf festem Boden), daß bei den ersteren die Lunge sich auf den vordern Theil der Rumpfhöhle beschränkt, während sie bei den Reptilien sich immer weiter nach hinten und öfters bis gegen das Becken hin erstreckt. Für das Schwimmen im Wasser ist dagegen eine solche Längenausdehnung der Lungen ohne Zweifel sehr vortheilhaft und findet sich auch in der That sowohl bei den eigentlichen als bei den pflanzenfressenden Cetaceen. Es muß ihnen dadurch die Bewahrung einer horizontalen Lage im Wasser und die Bewegung des Niedertauchens ungemein erleichtert werden.

Unter den Reptilien hat man leicht Gelegenheit bei Tritonen, die Wirkung der Lunge beim Schwimmen zu beobachten. Man sieht diese Thiere manchmal ganz ruhig an der Oberfläche des Wassers hängen und bemerkt dann, daß ihr Hinterleib aufgetrieben ist, dem hintern Theile der sackförmigen Lungen entsprechend. Dieser Theil schwimmt dabei am höchsten, der Hintertheil und Kopf hängen tiefer. Will das Thier sich von der Oberfläche entfernen, so stößt es erst eine Luftblase aus und schwimmt dann abwärts. Häufig bemerkt man auch, wie diese Thiere, wenn sie zum Behuf des Athmens in die Höhe gestiegen sind, beim Niedertauchen noch einige kleine Luftbläschen ausstoßen, offenbar weil die aufgenommene Quantität um etwas zu groß ausgefallen war.

Wenn schon bei den Säugethieren die Luftwege mit einigen Lufthöhlen im Knochen in Verbindung stehen, außer den oben erwähnten nämlich noch durch die Eustachische Röhre mit der Trommelhöhle und ihren Anhangshöhlen, so ist dieß bei den Vögeln in sehr viel ausgedehnterem Maße der Fall, wie bei Gelegenheit der Athmungswerkzeuge erwähnt worden ist. Sehr natürlicher Weise hat man diese Einrichtung immer mit der Fähigkeit dieser Thiere, sich in die Luft zu erheben, und mit der dazu nöthigen Leichtigkeit in Verbindung gebracht. Nicht selten aber ist diese Beziehung etwas verkehrt aufgefaßt worden, während sie doch sehr begreiflich ist. Ich will nicht von den ganz abgeschmackten Ausdrücken sprechen, welche man wohl hört: als füllten die Vögel ihre Knochen mit Luft, um sich leichter zu machen u. dgl. Die Knochen, so weit sie einmal lufthohl (pneumatisch) sind, können diesen Luftgehalt nie vermehren oder vermindern. Nur die im Unterleibe oder sonst zwischen den Weichtheilen befindlichen Luftsäcke können sich wohl anfüllen und entleeren, wodurch aber der Vogel begreiflicher Weise sein eigenes Gewicht nicht ändert.

Um den richtigen Gesichtspunkt für die pneumatischen Knochen zu finden, muß man sich dessen erinnern, was über die hohlen Knochen früher im Allgemeinen gesagt wurde. Wir finden dergleichen ja auch bei Säugethieren. Nur sind da die Höhlen — nämlich der langen Knochen — mit Fett, dem sogenannten Mark, gefüllt. Daß nun solche Knochen hohl sind, hat seinen mechanischen Nutzen, wie wir sahen, darin, daß ein und dasselbe Material, als Säule u. dgl. benutzt, eine viel größere Resistenz hat, wenn es in der Form eines hohlen Cylinders, als wenn es in der Form eines soliden Stabes angewandt wird. Soll nun also dieser Vortheil auch für das Vogelskelet stattfinden, so ist natürlich als Ausfüllung dieser hohlen Knochen nichts Angemessenere zu ersinnen, als Luft. Insofern also die Vögel da Luft haben, wo sich bei anderen Thieren Fett befindet, kann man freilich sagen, daß sie ihren lufthohlen Knochen einen Theil ihrer Leichtigkeit verdanken.

Ferner kann die Luft auch sonst, nämlich als schlechter Wärmeleiter, die Stelle des Fettes vertreten. Es ist im Kapitel von der Wärmebildung auf solche Verwendung der Lufthöhlen der Vögel hingewiesen. Auch in diesem Falle kann man also sagen, daß der Vogel durch solche Lufthöhlen leichter sey, nämlich als er seyn würde, wenn ein anderes Material statt der Luft zu dem Zwecke verwandt werden müßte.

Können wir nun auch vielleicht zweifelhaft seyn, ob die zwischen den Eingeweiden der Vögel befindliche Luft aus einem solchen Gesichtspunkte betrachtet werden könne, so ist doch

auch von dieser wenigstens so viel klar, daß sie das Volumen des Thieres vermehrt, ohne der Schwere etwas zuzusetzen, daß sie also, den Vogel im Ganzen genommen, sein specifisches Gewicht verringert, daß sie, was dasselbe ist, die Oberfläche vergrößert, welche gegen die Luft wirkt, und es daher dem Vogel leichter macht, sich in der Luft zu erhalten, namentlich wenn sie, wie es sehr wahrscheinlich ist, vor dem Fliegen durch Inspiration vermehrt wird.

Von demselben Gesichtspunkte aus sind die bei Nycteris unter den Fledermäusen vorkommenden Luftsäcke zu betrachten. Ebenso die Kehlsäcke vieler Baumeidechsen, die im Affect, und, wie man sagt, zum Sprunge mit Luft gefüllt werden. Auch einige Fische gibt es, die sich so stark aufblähen können (Diodon), daß sie auf dem Wasser treiben, und von den Wellen umherbewegt werden. Sie besitzen zu diesem Zwecke eine besondere kropfartige Aussackung am Oesophagus von ansehnlicher Größe.

Sehr viel allgemeiner ist unter den **Fischen** die sogenannte Schwimmblase, ein einfaches, mit Luft gefülltes Organ, von dem fast nur an dieser Stelle die Rede seyn kann, so daß wir sie hier etwas ausführlicher betrachten wollen. *) Die Beziehungen, welche zwischen derselben und dem Gehörorgane hie und da eintreten, sind jedoch später besonders zu erwähnen.

Diese Schwimmblase ist ein Anhangsgebilde des Darmkanals, wie die Lunge der Luftathmer, und hängt auch ursprünglich ohne Zweifel bei allen Fischen, welche sie besitzen, offen mit dem Darmrohr zusammen. Dieser Zusammenhang zieht sich meist zu einem feinen Kanale aus, welcher bei manchen Fischen offen bleibt, bei andern sich schließt. Wo er sich findet, hat er in den weitaus meisten Fällen an der obern Seite des Darmrohrs Statt. Die Aehnlichkeit, welche dieses Gebilde seinem Ursprung nach mit der Lunge hat, ist also keine ganz schlagende, und ist dieß um so weniger, als die Insertion auch manchmal weit nach rückwärts am Darme Statt findet.

Glaubt man aber sich über diese Umstände hinwegsetzen zu können, so mag man immerhin sagen, daß die Schwimmblase das der Lunge morphologisch entsprechende Organ der Fische sey. Freilich unterscheidet sie sich von der Lunge auch noch durch den anatomisch und physiologisch wichtigen Zug, daß ihre Blutgefäße nur Aeste der Körperblutgefäße (ernährende) sind, daß dieß Organ nicht, wie die Lunge, neben den ernährenden Arterien noch ein anderes, den Lungenarterien entsprechendes Gefäßsystem erhält. Dieß begründet indessen vielmehr eine Unvollständigkeit, als eine gänzliche Abwesenheit der morphologischen Uebereinstimmung zwischen beiderlei Organen. Mit Recht hat man daran erinnert, daß ja ein Theil des Apparates der Luftathmer auch nur ernährende Gefäße besitze, nämlich die Luftröhre. Auch der nicht mit Respirationsblutgefäßen versehenen sackförmigen Lungenenden so mancher Reptilien hat man sich hier zu erinnern. Die Funktion dieser Blase aber hat mit der Hauptaufgabe einer Lunge keineswegs etwas zu thun, sie ist ja selbst in sehr vielen Fällen ganz geschlossen, könnte keine Luft aufnehmen und ausstoßen. Sie ist vielmehr ganz wesentlich vorhanden, um das specifische Gewicht des Fisches zu bestimmen, es veränderlich zu machen, und um die Lage des Schwerpunktes in dem Thiere nach Umständen verschieben zu können. Es ist in dieser Hinsicht nun auch ziemlich gleichgültig, von den meisten der Formverschiedenheiten der

---

*) Indem ich es unternehme, meine Ansicht über die Funktion dieses Gebildes darzulegen, fühle ich mich veranlaßt (da wir für viele andere Gegenstände so wenig Ursache hatten, Vorarbeiten anzuführen), hier um so mehr auf die Bemerkungen von Joh. Müller (Ueber d. Eingew. der Fische) hinzuweisen, als diese auch da, wo ich mich ihnen nicht geradezu anschließen konnte, doch als eine bestimmte Vorlage die Entwicklung meiner Auffassungsweise hervorriefen. Man wird schon aus einigen Noten ersehen, worin Müller nach meiner Meinung irre gegangen ist. Ich habe diese kritischen Bemerkungen um so weniger weglassen zu dürfen geglaubt, als das Ansehen dieses verehrten Forschers mit Recht ein so großes, und der Irrthum, in welchen er über die Art eines Theils der Funktion der Schwimmblase verfällt, allerdings ein fundamentaler ist. Für sehr wichtig, und so viel ich weiß ganz auf Müller's Verdienst beruhend, halte ich aber die zweite, weiter unten behandelte Funktionsweise der Schwimmblase, welche nämlich die Verschiebung des Schwerpunktes betrifft. B.

Schwimmblase zu sprechen. Ob sie im Innern glatt oder mit Zellen besetzt, ob ihr äußerer Umfang eine einfachere oder verwickeltere Gestalt zeigt, das hat für uns bis jetzt meist gar keine Bedeutung.

Auch von den merkwürdigen wundernetzartigen Bildungen der Arterien und Venen, welche man so häufig und in verschiedenen Formen an der Schwimmblase findet, kann leider die Physiologie noch eben so wenig einen bestimmten Gebrauch machen, als von den Drüschen-ähnlichen Gebilden, welche man an der innern oder Schleimhaut der Blase gefunden hat. Allerdings liegt die Vermuthung nahe, daß diese Gebilde bedingend auf die in der Blase enthaltene Luftmenge einwirken möchten, aber es ist durchaus nichts Näheres über das Wie einer solchen Einwirkung zu sagen.

Wichtig ist es uns dagegen, theils aus dem Baue der Schwimmblasen selbst, theils aus Einrichtungen, welche mit ihnen in Verbindung treten, zu erkennen, wie sie verengert oder erweitert werden können, um so dem Fische das Auf- und Niedersteigen im Wasser zu erleichtern, ja wie ein Ende verengert oder erweitert werden kann, ohne daß das andere daran Theil nimmt, oder so, daß dieses die entgegengesetzte Veränderung erfährt, wodurch dann der Schwerpunkt des Thieres verschoben werden muß.

Gewöhnlich ist nun die Einrichtung für die Volumsänderungen der Schwimmblasen so getroffen, daß dieselben durch Muskeln zusammengedrückt, durch die eigene Elasticität der Luft wieder ausgedehnt werden müssen. Zuweilen liegen Muskelfasern in der Wand der Blase selbst, während sie in anderen Fällen von der Rumpfwand an die Blase herantreten. Wichtig für die Compression der Schwimmblase sind gewiß sehr gewöhnlich auch die Muskeln, welche die Rumpfwand selbst bilden. Es ist begreiflich, daß diese Apparate nur einer sehr geringen Kraft bedürfen, um den Fisch sinken zu machen, sobald sein Gleichgewicht mit dem Wasser einigermaßen genau hergestellt war. Man muß sich aus der Physik erinnern, daß das Wasser sich durch Druck nur sehr wenig verdichtet, also auch von der Oberfläche nach der Tiefe hin nur sehr wenig an specifischem Gewichte zunimmt. Macht sich also ein Fisch durch Compression der Schwimmblase um etwas schwerer als das Wasser an der Oberfläche ist, so könnte er schon sehr tief einsinken, ehe er in Wasserschichten käme, welche seinem jetzigen specifischen Gewichte entsprächen. Ja wir werden uns vielleicht nicht sehr irren, wenn wir annehmen, daß die Compression des Fisches selbst, abgesehen von seiner Schwimmblase, ziemlich dieselbe ist, wie die des Wassers, so daß seine Dichtigkeit nach demselben Maaße wie die des Wassers zunähme. Alle thierische Substanz ist ja so mit Wasser getränkt, daß sie in dieser Hinsicht sich wohl ziemlich eben so verhalten mag. Danach nun würde schon das Sinken eines solchen Körpers im Wasser gar keine Gränzen haben.

Zugleich aber nimmt das specifische Gewicht des Fisches, wenn er niedersteigt, nothwendig in höherem Maße zu, als die Dichtigkeit des Wassers, weil er in seiner Schwimmblase ein Gasgemenge enthält, welches sich, wie die Gase allgemein, in geradem Verhältnisse zum Drucke comprimirt. Der atmosphärische Druck theilt sich der Schwimmblase nothwendig durch den Körper des Thieres, namentlich durch die nachgiebigen Bauchwände hindurch mit, so daß die Luft in der Blase, wenn der Fisch sich an der Wasseroberfläche befindet, abgesehen von der etwa vorhandenen eigenen Spannung der Blase, unter dem Drucke einer Atmosphäre steht. Setzen wir voraus, daß keine Spannung der Blase Statt finde, so würde dieselbe bei etwa 32′ Tiefe unter der Oberfläche gerade auf die Hälfte, bei 64′ auf $1/3$, bei 96′ auf $1/4$ des Hohlraums reducirt seyn, welchen sie an der Oberfläche hatte. Fand aber anfänglich eine Spannung der Blasenwand gegen ihren Inhalt Statt, so wird die Compression der Luft beim Anfange des Untersinkens etwas langsamer geschehen müssen, bis zu dem Momente, wo durch Verkleinerung der Blase die anfänglich gespannt gewesenen Fasern derselben abgespannt sind. *) Von da an wirkt nur noch der Druck des Wassers, und es ist von

*) Denken wir uns eine durch Füllung gespannte elastische Blase der Wirkung eines wachsenden atmosphärischen Druckes ausgesetzt, so hört die Elasticität der Blase in dem Momente auf, mit dem

diesem Punkte an abwärts die Dichtigkeit der Luft genau dieselbe, als wenn von Anfang an gar keine besondere Spannung stattgefunden hätte.

Wenn nun hieraus im Allgemeinen hervorgeht, daß das specifische Gewicht eines mit Schwimmblase versehenen Fisches immer größer werden muß, je tiefer er sinkt, und zwar jedenfalls nach einem höhern Maaßstabe wachsen wird, als die Dichtigkeit des Wassers, so wissen wir doch durchaus nicht, in welchem Maaße dieß wohl der Fall seyn mag, und es ist dieß ein sehr hinderlicher Umstand für die Gewinnung bestimmter Resultate über die Funktion der Schwimmblase. Dieß Maaß nämlich hängt, wie wir eben gesehen haben, für ein erstes Stadium des Niedersinkens von der ursprünglichen Spannung der Schwimmblase ab. Es ist für die ersten Momente, wenn eine kräftige Spannung Statt fand, ein geringes. Außerdem hängt es aber natürlich von der Proportion der Schwimmblase zu der übrigen Körpermasse ab. Je größer die Schwimmblase, um so bedeutender nothwendig die Zunahme des specifischen Gewichts bei zunehmendem Drucke.

So sehr wir aber in dieser Hinsicht von genauen Daten entblößt sind, so lassen sich doch aus diesen voraufgeschickten nothwendigen Vorbegriffen einige Folgerungen ableiten. Namentlich ist es nicht wahrscheinlich, daß irgend ein mit Schwimmblase versehener Fisch im Stande seyn wird, sehr verschiedene Tiefen zu besuchen; und er wird dieß um so weniger vermögen, je größer seine Schwimmblase ist, und je geringer, wenn er sich in der Höhe befindet, die Spannung derselben ist. Der Einfluß der Größe der Schwimmblase ist in dieser Hinsicht wohl klar geworden. Es ist natürlich, daß der Fisch, dessen specifisches Gewicht mit jedem Augenblicke des Sinkens zunimmt, einen um so größern Kampf mit seinem specifischen Gewichte zu bestehen haben wird, je tiefer er sich hat sinken lassen, und daß das Verhältniß um so ungünstiger für ihn ist, je mehr er comprimirt war, d. h. mit anderen Worten, je größer der comprimirbare Theil an ihm, die Schwimmblase, ist. Mit jedem Augenblicke weiterer Annäherung an die Oberfläche wird aber das Steigen leichter.

Die Wichtigkeit der *anfänglichen Spannung* ist nun aber ganz besonders aus dem Vorigen hervorzuheben. Denken wir uns namentlich, daß der Fisch durch Muskelspannung die Luft seiner Schwimmblase um ein Bestimmtes verdichtet hat, so lange er sich nahe der Oberfläche befindet, daß er nun durch eine etwas stärkere Compression untersinkt, *so wird er es bis zu einer gewissen Tiefe in seiner Gewalt behalten*, durch Nachlassen dieser Spannung wieder in die Höhe zu steigen. Diese Tiefe ist um so bedeutender, je größer die Anfangsspannung war, aber sehr bedeutend wird sie schwerlich je seyn können. Es wird gewiß viel gesagt seyn, wenn wir beispielshalber annehmen, daß ein Fisch, der ruhig an der Oberfläche schwimmt, die Luft seiner Schwimmblase auf die Hälfte des Volums verdichtet hat. Sinkt er nun durch eine kleine Vermehrung dieses Druckes unter, so hat er es bis zu einer Tiefe von 32′ in seiner Gewalt, durch Nachlassen der Spannung seine Schwimmblase größer werden zu lassen, als sie Anfangs war, und folglich hat er es bis zu dieser Gränze in seiner Gewalt, die absteigende Bewegung in eine aufsteigende zu verwandeln, ohne einen Muskel anzustrengen, lediglich durch Nachlassen der Spannung der Blase. Geht er aber über die Tiefe von 32′ hinab, so würde die Blase schon ohne sein Zuthun so comprimirt, daß — bis zu der bezeichneten Gränze von 32′ Tiefe hinauf — er, um später wieder zu steigen, ganz auf seine Schwimmkraft, auf die Muskeln des Schwanzes u. s. w. angewiesen wäre.

Innerhalb gewisser Gränzen also können die Schwimmblasen den Fischen das Auf- und Niedersteigen erleichtern. Aber ebenso, wie der niedersteigende Fisch nicht über eine gewisse Gränze hinaus gehen darf, ohne die Spannung seiner Schwimmblase nachzulassen, wenn er nicht die Unterstützung dieses Instrumentes für eine Zeit verlieren will, so wird auch der wieder aufsteigende vielleicht nicht bis an die Oberfläche steigen dürfen, ohne allmälig, wie

äußern Drucke zusammen zu wirken, wenn das Volumen so klein geworden ist, als es geworden seyn würde, wenn man die Blase (mit gewissen begreiflichen Vorsichtsmaßregeln) geöffnet hätte. Auch die Muskelfaser wird unfähig zu wirken, wenn man ihre beiden Insertionspunkte einander zu sehr annähert.

der Wasserdruck abnimmt, den Muskeldruck wieder eintreten zu lassen, nur mit dem Maße, daß er vermittelst der Ausdehnung seiner Schwimmblase stets sein specifisches Gewicht etwas über dem des Wassers erhielt. Wenigstens würde die Blase, wenn der Fisch sich mit völliger Abspannung ihrer Muskelkraft bis an die Oberfläche des Wassers tragen ließe, nach unseren vorherigen Annahmen sich auf das Doppelte des Volums ausdehnen, welches sie vor dem Tauchen hatte, und dieß könnte schon vielleicht eine nachtheilige Streckung der Muskelfasern bewirken.

Die Beachtung der äußersten Punkte, wo der Fisch einerseits genöthigt ist, die Spannung völlig nachzulassen, andererseits dieselbe wieder in dem Grade herzustellen, welchen sie (nach unserer Annahme) anfangs hatte, nöthigt zu einer Ueberlegung, nach welchem Maaße wohl überall während des Sinkens das Nachlassen, während des Steigens das Anspannen der Blase am zweckmäßigsten stattfinde. Dabei ergeben sich zwei Gränzfälle. Will ein Fisch möglichst Unterstützung für ein rasches Niedersinken von Seiten seiner Schwimmblase haben, so wird er gleich im ersten Momente die größte Vermehrung der Spannung eintreten lassen, welche er in seiner Gewalt hat, und dieselbe bis zu der Tiefe beibehalten, welche er erreichen will. Er wird dann bis zu diesem Punkte mit zunehmender Geschwindigkeit sinken, da sein specifisches Gewicht durch den Wasserdruck, welcher sich stärker und stärker zu dem Muskeldrucke addirt, in jedem Augenblicke wächst.*) Eben wegen dieser Geschwindigkeit wird er aber allerdings (insofern er auch das Wiederaufsteigen in der Gewalt seiner Schwimmblase behalten will) nicht ganz bis zu dem Punkte sinken dürfen, wo der Wasserdruck hinreicht, seine Blase so zusammenzudrücken, daß er schwerer als Wasser ist; er wird schon etwas vorher sich wieder leichter machen und die Spannung nachlassen müssen, um seine Fallgeschwindigkeit zu brechen. Will er nun möglichst rasch wieder in die Höhe steigen, so wird er die Compressionsmuskeln völlig erschlafft lassen und dann, mit immer abnehmendem relativen Gewichte, schnell sich zur Oberfläche erheben. Soll dagegen das Sinken und Steigen mittelst der Blase in größter Ruhe vor sich gehen, so wird der Fisch, nachdem er sich etwas schwerer gemacht hat, während des Sinkens in jedem Augenblicke so viel an eigener Spannung nachlassen, als an Wasserdruck hinzutritt, und nur im letzten Momente, ehe seine willkürliche Spannung ganz verloren gegangen ist, wird er den Rest derselben plötzlich aufgeben müssen um wieder etwas leichter zu werden, als das Wasser. Will er dann eben so ruhig wieder steigen, so muß er während seiner Erhebung die eigene Spannung wieder eben so allmälig eintreten lassen, als er sie vorhin aufgab, oder als der Wasserdruck abnimmt; der Erfolg davon muß seyn, daß sein specifisches Gewicht sich während des Aufsteigens gleich bleibt, wie es während des Sinkens war.

Nach Vorausschickung dieser Darstellung können wir es nun auch unternehmen, uns einen mit Schwimmblase versehenen Fisch in bedeutender Tiefe vorzustellen. Soll ein solcher im Gebrauche seiner Schwimmblase seyn, so müssen wir uns dieselbe gehörig gefüllt denken. Denn wenn wir von einem Gebrauche der Schwimmblase reden wollen, so versteht es sich von selbst, daß ihre Muskeln im Stande seyn müssen, eine Wirkung auszuüben. Wollten wir uns nun einen Fisch, wie wir ihn bis jetzt vorgestellt haben, auch nur bis zu einer Tiefe von etwa 300 Fuß niedergesunken denken, so würde seine Blase durch den Druck von 10 Atmosphären so zusammengedrückt seyn, die Insertionspunkte der Muskeln würden dabei einander so angenähert seyn, daß von einer Wirksamkeit desselben keine Rede seyn könnte. Dieß ist also eine erste Bedingung. Versetzen wir einen Fisch in die genannte Tiefe, so hat die Luft seiner Blase nothwendig eine Spannung von 10 bis 11 Atmosphären, und wir fordern, daß von dieser sehr dichten Luft hinreichend vorhanden sey, um diese Blase völlig ausgedehnt zu erhalten. Zugleich wird es zweckmäßig seyn, sich vorzustellen, daß dieser Fisch gerade durch Hinzufügung eines gewissen Muskeldruckes sich mit dem Wasser im Gleichgewicht befinde. Wollen wir ihn nun durch Vermehrung dieses Druckes sinken, oder durch

*) Auch die Fallgeschwindigkeit kann unter den zu Grunde gelegten Umständen wohl noch als zunehmend gedacht werden.

Verminderung desselben steigen lassen, so sind folgende Verhältnisse zu erwägen. Es wird nur durch große Muskelanstrengung möglich seyn, eine so dichte Luft noch um ein Geringes einzuengen; daher wird einerseits der Fisch, dessen Blasenmuskeln wir uns in einer mäßigen Spannung denken, durch Nachlaß derselben auch nur wenig an specifischem Gewichte verlieren; andererseits wird er, auch bei der äußersten Vermehrung dieser Spannung, nur um Weniges schwerer werden. Eine besondere Beschleunigung des Auf- und Absteigens wird er also nicht durch diese Thätigkeiten erreichen können. Aber um nur überall leichter oder schwerer zu werden, als das Wasser, dazu genügt freilich, wie wir wissen, eine sehr geringe Aenderung.

Während dieser Umstand auf der einen Seite als eine Beschränkung des Gebrauches der Schwimmblase erscheint, finden daneben andere Verhältnisse statt, welche demselben zu Gute kommen. Dieß beruht namentlich darauf, daß ein Fisch, welcher sich in solcher Tiefe einmal befindet, viel weiter auf- und absteigen kann, ohne daß dabei seine Schwimmblase sich so sehr ausdehnt oder so comprimirt wird, als wenn dieses Auf- und Absteigen in höheren Wasserschichten geschähe. Wenn ein Fisch von der Wasserfläche um 32 Fuß tiefer steigt, so würde dabei, insoweit das vom Wasserdrucke abhängt, seine Blase auf die Hälfte des Hohlraums reducirt werden. Befindet sich der Fisch aber in einer Tiefe von 320 Fuß, also unter dem Drucke von 11 Atmosphären, so kann er um weitere 32 Fuß abwärts steigen, ohne daß der äußere Druck um mehr als $^{1}/_{11}$ zunimmt. Hatte er also, gerade wie der Fisch an der Oberfläche, in seiner ersten Höhe durch seine Muskeln einen Druck gleich dem einer Atmosphäre auf die Blase geübt, so behält er es auch ebenso wie dieser bis zu 32 Fuß tiefer in seiner Gewalt, durch Nachlassen der eigenen Spannung sich wieder leichter als das Wasser zu machen.

Lassen wir den Fisch nun aufsteigen, so wird er zunächst durch eine Verminderung der Spannung sich zu erleichtern haben. Er wird sodann nothwendig steigen. Läßt er die eigene Spannung ganz sinken, so wird sich bei dem Aufsteigen seine Blase mehr und mehr ausdehnen, das Steigen wird schneller und schneller gehen, und wenn der Fisch nicht bei Zeiten entgegenwirkt, ehe seine Muskeln durch Streckung gelähmt sind, so wird er, ohne etwas dagegen thun zu können, an die Oberfläche des Wassers gehoben werden, seine Blase dehnt sich dabei, wenn sie nicht reißt, bis zum 11fachen ihres frühern Volums auf, zersprengt den Unterleib, oder quetscht die Eingeweide durch den Schlund u. s. w. Man findet wohl Fische in diesem Zustande, und es scheint namentlich stürmisches Wetter die Fische der Gefahr auszusetzen, daß sie sich in Regionen verirren, deren Druck ihnen zu gering ist, um noch wieder abwärts zu können. Es scheint hieraus also deutlich hervorzugehen, daß die Fische mit Schwimmblase auf eine dünne Wasserschicht beschränkt sind, welche allerdings für den einen höher, für den andern tiefer liegen mag. Eine solche Dicke dieser Schicht, wie wir angenommen haben, beruht auf der Supposition, daß die Muskeln der Blase einen Druck von einer Atmosphäre auszuüben vermögen. Diese Supposition ist aber nur Beispiels halber hingestellt und ist gewiß viel zu groß, folglich die im vorigen angenommene Tiefe der erlaubten Bewegung zu bedeutend.*) Innerhalb einer solchen Schicht ist die Schwimmblase dem Fische nützlich, darüber hinaus nicht bloß unnütz, sondern gefährlich. Nur in der Nähe der Gränzen der ihm erlaubten Schicht wird die Kraft der Flossen den Fisch noch in sein Gebiet leicht zurücktragen können, je weiter er hinausgeht, um so schwerer; endlich wird die Rückkehr wohl unmöglich. — Beiläufig ist es hiernach auch einzusehen, daß es ganz vom Zufalle abhängt, ob ein mit Schwimmblase versehener gestorbener Fisch an die Oberfläche kommt oder in die tiefste Tiefe des Meeres versinkt.

*) Wäre aber Müller's Behauptung (für alle Fälle) richtig, daß die Schwimmblasenluft bei Fischen an der Oberfläche des Wassers ungefähr nur die Spannung der atmosphärischen Luft hätte, so wüßte ich der Funktion der Blase in der That nicht mehr Rath; denn dann, wie aus dem Uebrigen einleuchten muß, würde sie das Aufsteigen des Fisches nothwendig ebenso viel hemmen, als sie das Sinken förderte, da der Wasserdruck ja den Fisch immer schwerer macht.

Wir können uns hiernach nun Fische in den verschiedensten Tiefen des Meeres denken, welche vermittelst ihrer Schwimmblase an eine gewisse Schicht gebunden sind, in deren Mitte es ihnen am bequemsten seyn mag. Es ist aber dabei eine in der Schwimmblase vorhandene Luft von gewisser Dichtigkeit, und der Aufenthalt in der entsprechenden Schicht ganz untrennbar verbunden, wiewohl der Fisch mit demselben specifischen Gewichte, was er in dieser Schicht hat, auch mit anderen im Gleichgewichte seyn würde. Wir können ihn aber eben in keine andere versetzen, ohne sein specifisches Gewicht zu ändern, durch Anschwellen oder Compression der Blase. Wenn man sich diese Verhältnisse zuerst klar macht, so kann die Schwimmblase als ein Geschenk von sehr bedenklichem Werthe erscheinen. Gewiß dürfte es seyn, daß sie den Fisch an eine bestimmte Wasserschicht fesselt, innerhalb deren sie ihm, wie gesagt, nützlich ist. Die Gefahren aber, welche sich mit dem Besitze dieses Organs verbinden, werden, wie wir sicher schließen dürfen, durch ein sehr bestimmtes Gefühl, welches den Fisch von dem Zustande seiner Blase unterrichtet, vermieden werden. Wenn er sich den Gränzen nähert, bis zu welchen die Funktion der Blase reicht, so werden ihn ohne Zweifel unangenehme Gefühle davon unterrichten, und wenn wir uns Fische mit Schwimmblase in großer Tiefe denken dürfen, in einer Tiefe, in welche kein Licht reicht, so wird dem Fische der Zustand seiner Schwimmblase der Kompaß für die Richtung nach oben und unten seyn.

Ganz gewiß würden die Fische, wenn sie denken könnten, das Gehen des Menschen auf zwei stelzenartigen Beinen eben so bedenklich finden, wie uns auf den ersten Blick die Funktion der Schwimmblase erscheint. Es ist in einem wie im andern Falle eine stete Wechselwirkung der Action und der Perception, wodurch die erstere in regelmäßigem Gange gehalten wird.

Bis hieher haben wir immer die Quantität der Luft in der Blase als gleichbleibend genommen, und nur unter der Voraussetzung dieses Gleichbleibens können die entwickelten Sätze ihre unbedingte Gültigkeit behaupten. Anders ist es, wenn die Menge der Blasenluft veränderlich ist. Daß dieß nun aber der Fall sey, daran zweifeln wir durchaus nicht; sie ist ganz gewiß veränderlich. Darauf deutet nicht allein die bei sehr vielen Fischen offene Verbindung zwischen Schwimmblase und Darmrohr, meist mittelst eines Kanales, wir dürfen auch wohl annehmen, daß Abscheidung und Resorption die Füllung der Blase zu ändern vermögen, selbst da, wo ein solcher Luftkanal mangelt. Es ist aus dem Uebrigen leicht zu entnehmen, in wie weit durch diese Umstände Modificationen des Gesagten nöthig werden. Nehmen wir an, daß ein Fisch mit gefüllter aber nicht gespannter Blase sich an der Oberfläche des Wassers in hydrostatischem Gleichgewichte befindet. Beginnt nun die Luft in seiner Blase sich durch Ausscheidung zu vermehren, so darf der Fisch sich in eine Tiefe herablassen, welche die vermehrte Luft auf das frühere Volumen reducirt. Je mehr Luft ausgeschieden wird, um so tiefer darf und muß er hinabsteigen, er wird durch diese Luftvermehrung für eine tiefere Wasserschicht geeignet. Das Entgegengesetzte würde natürlich stattfinden, wenn sich die Luftmenge verminderte, der Fisch würde bei Zeiten beginnen müssen, in die Höhe zu steigen, da es ihm in jedem Augenblicke schwerer werden würde. Daß aber dergleichen Verminderungen in kurzer Zeit erfolgen sollten, so z. B., daß sie einem Fische zur Verfolgung eines Raubes nützlich sein könnten, ist keineswegs glaublich. Aber sie werden vielleicht gewisse allmälige Aufenthaltswechsel des Fisches begünstigen. Anders in dieser Hinsicht verhält es sich da, wo ein unmittelbarer Zusammenhang der Blasen- und Darmhöhle stattfindet. Diese scheint in allen Fällen geeignet, Luft austreten zu lassen, aber nicht immer gleich günstig für den Eintritt, wie z. B. die enge Oeffnung beim Aale, welche auf einem Wärzchen steht. Besonders günstig sind hier die Verhältnisse, wo kein Kanal die Verbindung bildet, sondern die Blase unmittelbar durch eine mit Kreismuskelfasern versehene Oeffnung in das Darmrohr mündet, wie bei Lepidosteus, dessen Blase zugleich sehr groß seyn soll. Es wird nach allem Gesagten nicht mehr parador erscheinen, daß ein solcher Fisch, wenn er von der Oberfläche in größere Tiefe gehen will, Luft aufnehmen, wenn er sich dagegen aus der Tiefe erheben will, Luft ausstoßen muß. Es versteht sich jedoch von selbst, daß die Luftmenge,

welche er etwa am Wasserspiegel aufnimmt, nicht zu bedeutend seyn darf, um durch Muskeldruck in das erforderliche kleine Volumen gebracht zu werden. Ueber den Verschluß der Communication zwischen Darm und Blase ist noch zu bemerken, daß er natürlich nur im Verhältniß zu der Kraft der eigentlichen Blasenmuskeln stehen muß. Der Wasserdruck wirkt auf den ganzen Körper des Fisches und kann also nicht die Entweichung der Luft aus einem Theile des Körpers in den andern befördern. Ebenso wenig kann dieß ein Druck der Rumpfmuskeln thun, was um so wichtiger zu bemerken ist, da die Rumpfmuskeln vielleicht sehr wesentlich zur Compression der Blase beitragen, von deren eigenem Muskelapparate bei sehr vielen Fischen wenig zu erwarten ist. In sofern aber einige Muskelfasern der Blase einen Druck bewirken, ist das Verhältniß, worauf Joh. Müller Gewicht legt, daß nämlich der Gang aus der Blase gewöhnlich an deren unterer Seite abgeht, ganz gleichgültig, und der Vergleich mit einem Glase, welches man umgekehrt in's Wasser taucht, ist nicht treffend. Hier muß man sich vielmehr ganz auf die Festigkeit des Verschlusses verlassen.

So viel vom Gebrauche der Schwimmblase für die Veränderungen des specifischen Gewichts. Um mehr darüber ermitteln zu können, wären, außer Beobachtungen über das Leben der Fische, auch genauere Notizen über Starrheit und Elasticität, relative Größe, Stärke der Muskelapparate, Fähigkeit der Veränderung der Luftmenge u. s. w. zu wünschen. Doch will ich nicht versäumen, zu bemerken, daß man verhältnißmäßig große Schwimmblasen, besonders bei Fischen von lebhaften Bewegungen, gefunden haben will. Wir werden uns präciser so ausdrücken, daß die große Schwimmblase stärkere willkürliche Veränderungen des specifischen Gewichtes begünstigt, folglich das Auf- und Absteigen mit größerer Geschwindigkeit vor sich gehen läßt. Ein Fisch ohne Schwimmblase würde nun aber, während er die Vortheile der Schwimmblasen-Einrichtung entbehrte, zugleich freier seyn. Indem, wie wir anfangs voraussetzten, seine Compression überall, in jeder Tiefe mit der des Wassers gleichen Schritt hält, würde sein specifisches Gewicht, wenn es in irgend einer Tiefe gleich dem des Wassers wäre, dieß in allen Tiefen seyn, und wenn es eine Differenz darbietet, so wird diese, bei den ohnehin geringen Aenderungen der Dichtigkeit, ebenfalls sich nicht wesentlich unter verschiedenen Druckhöhen ändern. Diese würden also durch die Kraft ihrer Flossen von der Oberfläche des Meeres bis in die tiefsten Abgründe desselben sich versenken und aus diesen sich erheben können, so weit nicht etwa andere Ursachen (Temperaturverschiedenheiten, Bestimmung ihrer Augen für gewisse Lichtintensitäten oder Anderes) sie davon abhalten. Aber die Veränderung der specifischen Schwere ist nicht der einzige Vortheil, welchen Fische durch ihre Schwimmblase erzielen können. Man hat vielmehr aus der Erwägung bestimmter anatomischer Verhältnisse den, wie es mir scheint, evidenten Schluß gezogen, daß gewisse Schwimmblasen zu einem wesentlichen Theile ihrer Funktion die Aufgabe haben müssen, den Schwerpunkt des Fisches beweglich zu machen, und zwar so, daß er bald mehr nach vorn, bald mehr nach hinten rückt. Wie eine solche Funktion möglich ist, begreift sich ungemein leicht; lassen wir einen Fisch den vordern Theil seiner Blase zusammendrücken, so wirkt dieß nicht bloß als Vermehrung des specifischen Gewichts, sondern es senkt sich nothwendig der Kopf, es hebt sich der Schwanz, der Fisch geräth in die geeignete Lage zum Niedertauchen. Bei der entgegengesetzten Wirkung natürlich auch entgegengesetzter Erfolg.

War nun aber unsere obige Darstellung richtig, daß der von der Wasseroberfläche niedertauchende Fisch die Spannung seiner Blase allmälig mehr und mehr nachlassen müsse, und zwar in dem Maaße, als der Druck des Wassers zunimmt, so wird freilich auch die Ungleichheit der Compression des vordern und hintern Endes der Blase verschwinden und der frühere Schwerpunkt sich herstellen. Damit ist jedoch nicht gesagt, daß der Fisch die für seine Abwärtsbewegung günstige Lage sich nicht dennoch erhalten könne. Es ist vielmehr hier sehr zu beachten, daß es dem Fische leicht seyn mag, sich in der einmal gegebenen Richtung zu erhalten, während es ihm sehr schwer seyn könnte, dieselbe ohne eine besondere Unterstützung in dem Sinne nach oben oder unten zu ändern, da die Wirbelsäule vieler Fische nur von einer Seite zur

andern, nicht aber auf- und abwärts *) biegsam ist. Es ist gerade dieser Umstand, durch welchen diese zweite **) Funktion der Schwimmblase in unseren Augen so wichtig ist. Eben so könnte nun ein Fisch, welcher aus der Tiefe steigt, durch Nachlaß der Spannung nur am vordern Ende der Blase sogleich seinen Kopf in die Höhe richten u. s. w. Die bestimmte Ueberzeugung aber, daß, bei gewissen Fischen wenigstens, eine solche Wirkung stattfindet, hat man doch erst aus den anatomischen Einrichtungen der Cyprinoiden und Characinen gewinnen können. Denn bei diesen ist die Verschiebung des Schwerpunktes vermittelst der Schwimmblase auf eine ganz eigene Weise begünstigt. Diese Fische besitzen nämlich sämmtlich eine vordere und eine hintere Schwimmblase, welche durch eine enge Stelle offen mit einander zusammenhängen. Von diesen ist nun die vordere elastisch, die hintere nicht. Davon muß die Folge seyn, daß die elastische Blase, so lange sie eine Spannung hat, bei einem überwiegenden Drucke von Außen sich sogleich zusammenzieht, indem sie einen Theil ihrer Luft in die größere Blase treibt, so daß die Luft in beiden Blasen gleichmäßig verdichtet wird. Lassen wir nun einen solchen Fisch sich an der Wasseroberfläche befinden und von da nach unten streben. Er wird zu diesem Behufe eine leichte Vermehrung des Druckes auf seine Schwimmblase ausüben und dieser wird, wie wir oben sahen, lediglich die vordere Blase verkleinern. Eben darum aber, weil die Verkleinerung nur eine Blase trifft, so wird sie, wenn auch für das Ganze gering, dennoch schon ein merkliches Vorrücken des Schwerpunkts bewirken können und folglich den niedertauchenden Fisch auch in eine passende Lage, mit gesenktem Kopfe, bringen. Dieß wird nun hier ganz dasselbe bleiben, wenn mit zunehmendem Wasserdrucke die eigene Spannung mehr aufgegeben wird. Wenn aber dann, um das Wiederaufsteigen zu bewirken, der letzte Theil der eigenen Spannung plötzlich aufgegeben wird und die Schwimmblasenluft sich um etwas mehr ausdehnt, als sie vorher, oben am Wasserspiegel, ausgedehnt war, so wird auch diese Ausdehnung wieder die vordere Schwimmblase betreffen

---

*) Sehr beachtenswerth ist es in dieser Hinsicht, daß die Knorpelfische, bei denen eine Schwimmblase durchweg fehlt, noch am ersten ihre Wirbelsäule von oben nach unten zu biegen verstehen, auch eine zur Locomotion mehr geschickte Anordnung der Flossen haben.

**) Nach der voranstehenden Darstellung ist gewiß die Vermuthung vollkommen gerechtfertigt, daß in ähnlicher Weise selbst bei den luftathmenden tauchenden Wirbelthieren nicht blos die Füllung, sondern auch die Spannung der Lungen für die Bewegungen unter dem Wasser und die Richtung derselben von gewisser Bedeutung sey. Namentlich mag dieses für die Cetaceen gelten, die mit den Fischen dieselbe sonst so ungünstige Anordnung der Halswirbelsäule theilen. Allerdings vermögen diese Thiere ihre Wirbelsäule, besonders im Schwanzende, auch auf- und abwärts zu biegen und dadurch auch in diesem Sinne die Richtung ihrer Locomotion zu verändern, allein trotzdem mag ihnen eine Vorrichtung, wie die ist, auf welche ich hindeute, nicht ganz überflüssig seyn. Bei der immensen Größe, die der Kopf der meisten Cetaceen besitzt, wird denselben namentlich eine aufsteigende Bewegung sehr schwer fallen. Gerade diese aber scheint durch eine Compression der hintern Lungenhälfte, die den Schwerpunkt nach hinten rücken läßt, sehr erleichtert. Und solche Compression ist bei der Anordnung des Zwerchfells, das nicht, wie gewöhnlich, senkrecht auf die Bauchdecken steht, sondern in sehr geneigter Richtung von hinten und oben nach unten und vorn verläuft, sehr leicht auszuüben. Es brauchen sich zu dem Zwecke blos die Bauchmuskeln zu contrahiren, dann werden die Eingeweide schon das Zwerchfell nach oben an die hinteren Enden der Lungen andrücken. Vielleicht ist sogar (die anatomische Anordnung des Körpers und der Lungen widerspricht Dem nicht, trotz der großen Kürze der Luftröhre) bei gleichmäßiger Füllung der Lungen der Schwerpunkt nach vorn gelegen, so daß der Körper im Ruhezustande mit dem Kopfende nach unten geneigt ist. Es wäre dann schon zur horizontalen Richtung eine gewisse Compression des hintern Lungenendes nöthig, und der Werth jener Anordnung für die Bewegungen nur noch größer. Der Pleuraüberzug der Lungen bei den Cetaceen bedarf einer sorgfältigen Untersuchung. Er ist sehr dick und hat eine mächtige Schicht elastischer Fasern. Wenn auch Muskelfasern darunter wären, so würde die Lunge für die Natur dieser Thiere fast dieselbe Bedeutung haben, wie die Schwimmblase der Fische. — Für die tauchenden Amphibien und Vögel ist bei der Ausdehnung der Lungen nach hinten eine Compression derselben noch leichter möglich. Namentlich werden die Luftsäcke der Vögel leicht zusammengedrückt werden können; das specifische Gewicht wird in demselben Maaße abnehmen. L.

und es wird sich der Kopf heben. Ganz abweichend von den bisher betrachteten Formen der Schwimmblasen ist das anatomische Verhalten dieser Organe bei mehreren Siluroidengattungen. Dennoch ist sie nach denselben Principien leicht zu begreifen, welche uns bis jetzt als Grundlage gedient haben. Der besonders bei Synodontis sehr ausgebildete Apparat besteht nämlich darin, daß der vordere Theil der derben Schwimmblase, so lange keine Muskelwirkung stattfindet, von zwei Knochenplatten gepreßt wird, welche durch zwei federnde Stiele an die Wirbelsäule befestigt sind. Die Muskelwirkung tritt hier nun in entgegengesetztem Sinne auf, als sonst: es gibt Muskeln, welche jene Knochenplatten von der Blase abziehen, also den vorhandenen Druck aufheben. Auch hier ist die Funktion am Leichtesten verständlich, wenn wir uns den Fisch an einer bestimmten Stelle denken, wo er auf- oder absteigen kann. In seiner Blase soll die Luft die Dichtigkeit besitzen, welche der Tiefe entspricht, und noch darüber hinaus durch einen Theil der Wirkung der Knochenplatten comprimirt seyn. Einen andern Theil der vollen Wirkung dieser Platten sollen aber die Muskeln aufheben und gerade in diesem Zustande finde Gleichgewicht mit dem Wasser Statt. Lassen die Muskeln nach, so sinkt der Fisch, ziehen sie an, so steigt er. Auch hier wird es Gränzen für das Steigen und Sinken geben, außerhalb welcher der Apparat seinen Dienst nicht nur versagt, sondern eher nachtheilig wirkt; diese Gränze nach unten liegt in der Kraftgränze der Muskeln, die nach oben in der Stärke der Knochen, in sofern diese Gränzen nicht, was wahrscheinlich ist, durch die Nachgiebigkeit der Blasenwand enger gesteckt sind. Die merkwürdigen und verschiedenartigen Einrichtungen bei verschiedenen Arten der Gattung Ophidium beziehen sich offenbar, wie man erkannt hat, auf den Zweck der Verlegung des Schwerpunktes. Schließlich bemerken wir, daß man aus der Thatsache, daß todte Fische auf der Seite schwimmen, wohl mit Recht geschlossen hat, daß sie sich nach den Seiten in labilem Gleichgewichte befinden. Eine im Tode stattfindende Verschiebung der Blase anzunehmen, hat man keinen Grund; auch ist sie wohl bei vielen Fischen unmöglich.

Unter den wirbellosen Thieren müssen wir hier zunächst die luftathmenden Arthropoden mit einigen Worten berühren. Wir kennen bei diesen Thieren bereits die anatomische Anordnung des respiratorischen Apparates; wir wissen, daß er aus einem Systeme von Röhren zusammengesetzt ist, die sich gewöhnlich baumartig verästeln. Bei den Myriapoden, die an allen ihren Segmenten mit Extremitäten versehen sind, ist die Entwicklung dieses Tracheensystems in allen Regionen des Körpers dieselbe. Anders aber ist es bei den Insekten und Arachniden. Hier ist das Abdomen vor allen übrigen Körpertheilen (bei den Spinnen sogar ausschließlich) mit den Tracheen ausgestattet. Der Schwerpunkt des Körpers rückt so hierdurch weiter nach vorn gegen die Extremitäten, die dann natürlich um so wirksamer ihrer Bestimmung nachkommen können.

Am augenscheinlichsten ist die durch solche Anordnung bedingte Veränderung des Schwerpunktes bei den im Wasser lebenden Insecten und Insectenlarven, die im Ruhezustand fast alle eine nach unten geneigte Stellung haben, indem das Abdomen, als der specifisch leichtere Theil des Körpers, nach oben gerichtet ist. Es mag hiermit im Zusammenhang stehen, wenn wir bei den meisten dieser Geschöpfe die Stigmata des Abdomen vor den übrigen entwickelt sehen, ja mitunter nur ausschließlich ein Paar Analstigmata antreffen, an einer Stelle also, die am Leichtesten mit der Oberfläche des Wassers in Berührung kommt. Wo diese Stigmata, wie bei manchen Larven, auf der Spitze einer besondern Athemröhre stehen, die kaum etwas Anderes ist, als eine mit einer hornigen Scheide überzogene Verlängerung der Tracheen, da wird diese wegen ihrer Leichtigkeit auch ohne weitere Muskelaction (natürlich bei einer sonst passenden Anordnung) beständig die Richtung nach oben behalten können, selbst wenn der übrige Körper eine horizontale Lage darbietet.

Doch auch sonst kommt die größere specifische Leichtigkeit des Abdomen den im Wasser lebenden Insekten manchfach zu Statten. Besonders wird sie ihnen das Niedertauchen in einer schrägen, mit der Neigungsebene des Körpers zusammenfallenden Richtung gewiß sehr erleichtern. Ueberhaupt, so scheint es, ist der Tracheenapparat für die Bewegungen der In-

sekten im Wasser fast ebenso wichtig, als die Schwimmblase für die Schwimmbewegungen der Fische. Wenigstens kann man sich sehr leicht vorstellen, wie dieselbe beim Auf- und Niedersteigen der Insekten im Wasser zu benutzen wäre. Denken wir uns einen an der Wasseroberfläche befindlichen Käfer, welcher niedersinken wollte, so brauchte derselbe nur seine Tracheen zu schließen und dann die Luft darin etwas zusammenzupressen. Wollte er aber beim spätern Wiederaufsteigen ebenso begünstigt seyn, so müßte er vor dem Untersinken, wie aus der obigen Darstellung über die Schwimmblase erhellt, erst die Tracheen voller pumpen und dann sie comprimiren.

Wir dürfen übrigens wohl annehmen, daß der Gebrauch dieser pneumatischen Tauchapparate bei den Wasserinsekten weit mehr beschränkt ist, als bei den Fischen. Sie sind schwerlich durch den Besitz desselben befähigt, in bedeutendere Tiefen sich niederzulassen und ohne weitere Muskelanstrengung aus denselben wieder emporzusteigen. Das Athmungsbedürfniß fesselt sie überhaupt an die Oberfläche. In diesem Verhältnisse mag denn auch zum Theil wenigstens der merkwürdige Umstand begründet sein, daß es nur sehr wenige oceanische Insektenformen gibt, und auf der hohen See nur solche, welche die äußerste Oberfläche bewohnen. Andere Arten, die nur auf dem Boden ihre Nahrungsmittel finden, würden hier in einer Tiefe leben müssen, die ihnen eine directe Luftathmung fast unmöglich machen würde.

Wenn wir im Obigen vorausgesetzt haben, daß die Insekten mit ihren Tracheen ungefähr die specifische Schwere des Wassers haben, so gilt dieses doch nicht für alle in gleichem Maaße. Es gibt manche die offenbar schwerer sind, andere die ein geringeres Gewicht besitzen. Die ersteren werden schon durch ihr Körpergewicht untersinken. Zu ihnen gehören namentlich manche Larven mit Athemröhren, welche letztere sich dann, wie oben angeführt ist, bis über das Wasser erheben, wenn die Thiere nur in geringer Tiefe unter der Oberfläche sich aufhalten. Die anderen werden durch die Dichtigkeit des Wassers getragen, wie z. B. die Drehkäfer. Nur durch große Anstrengung können sich diese unter dem Wasser erhalten, entweder schwimmend, oder indem sie sich am Boden festhalten und langsam fortkriechen. Die in den Tracheen enthaltene Luft ist übrigens keineswegs beständig das einzige Gas, welches diese Thiere mit sich führen. Es ist schon früher (bei dem Abschnitt über die Athmung) erwähnt worden, daß viele schwimmende Insekten auch noch im Umkreis des Körpers, zwischen der Haarbekleidung, den Beinen, besonders aber unter den Flügeldecken, Luft enthalten. Diese kann natürlich durch die Muskelkraft des Thieres kaum irgendwie (höchstens noch etwa da, wo das Reservoir der Unterflügeldeckenraum ist) zusammengedrückt werden. Bei dem Niedersteigen wird sie nur hemmend wirken. Ihr Widerstand muß durch eine größere Anstrengung überwunden werden. Bei Dytisken u. a. kann man oft sehen, wie schwierig dieses ist, wie es oft erst gelingt, nachdem die Luftmenge durch Abgabe einer Blase verringert ist. — Der Luftraum unter den Flügeldecken wirkt auch bestimmend auf die Lage des Schwerpunktes, in sofern derselbe dadurch nach dem Bauche zu herabgedrückt wird, das Gleichgewicht an Stabilität zunimmt. Wo die Luft dagegen zwischen den Haaren der Bauchfläche oder den Extremitäten vorkommt, rückt der Schwerpunkt mitunter bis über die Körpermitte empor. Solche Thiere haben ein labiles Gleichgewicht und schwimmen mit der Bauchfläche nach oben (Notonecta u. a.).

Der Nutzen der Luftröhren bei den Arthropoden erstreckt sich aber nicht allein auf die Schwimmbewegungen, sondern in gleichem Maaße auch auf die Flugfähigkeit. Es ist gewiß nicht zu viel gesagt, wenn wir behaupten, daß die Insekten das Vermögen, sich in die Luft zu erheben, ohne die Anwesenheit dieser Apparate entbehren würden.

Der Werth dieser Einrichtung ist ganz derselbe, wie der der ausgedehnten Lufträume im Vogelkörper: sie vergrößern das Körpervolumen, ohne das absolute Gewicht zu vermehren, d. h. sie machen die Insekten specifisch leichter. Je mehr dieses geschieht, desto geeigneter werden die Arthropoden zum Fluge seyn, die Insekten also z. B. weit mehr, als die Spinnen. Darauf hat es denn auch Bezug, wenn wir sehen, daß bei den meisten Insekten die Tracheen

in größerer und geringerer Menge und Ausdehnung sich zu förmlichen blasenartigen Luftsäcken erweitern, wie schon früher erwähnt wurde, und um so mehr, je besser diese Thiere fliegen. Für die Athmung haben diese Gebilde wenig Bedeutung. Sie sind während der Ruhe sogar meistens collabirt und werden erst mit Luft gefüllt, wenn das Thier sich zum Fluge anschickt. In der Regel genügt hierzu schon ein einziger Athemzug, bisweilen, wie z. B. bei dem Maikäfer, aber gelingt eine vollständige Füllung erst nach mehreren auf einander folgenden tiefen Inspirationen, die den Körper sichtlich ausdehnen. Wie nothwendig in manchen Fällen, namentlich bei einem plumpen und schweren Körper, die Füllung dieser Säcke für den Flug ist, sieht man sehr deutlich bei den eben aus der Puppenhülse gekrochenen Schwärmern u. a., die nicht fliegen können, bevor sie den Körper voll Luft gepumpt haben. (Einige Insekten scheinen auch, um zum Zwecke des Fliegens den Vorderkörper zu erleichtern, in den sogenannten Kropf oder Saugmagen Luft einzunehmen. Wenigstens sieht man diesen häufig damit angefüllt.) — Wie mit dem Flugvermögen, ebenso stehen die Tracheen auch sonst noch mit der Beweglichkeit der Arthropoden in Zusammenhang, indem sie sehr häufig, wie die Luftbehälter in den Knochen der höheren Wirbelthiere, als Ausfüllungsmittel gebraucht wurden, um das Gewicht bestimmter Körpertheile zu verringern. Namentlich gilt dieses von den äußeren Skeletanhängen, den Extremitäten, Freßwerkzeugen u. s. w. Die Menge der darin eingeschlossenen Luftröhren wechselt allerdings manchfach, je nach den Bedürfnissen. Jedoch kann man als Regel annehmen, daß sie in geradem Verhältniß mit der Größe steigt. Sehr ansehnlich ist dieselbe z. B. in den Mandibeln des männlichen Hirschkäfers, die dadurch trotz ihrer Größe und Stärke eine Leichtigkeit erhalten, daß sie ohne großen Kraftaufwand getragen und bewegt werden können.

Den kiemenathmenden Arthropoden fehlen alle Luftbehälter. Sie sind in ihren Bewegungen allein auf die Muskelkraft angewiesen. Ebenso auch die Mollusken mit wenigen Ausnahmen.

Zu diesen gehören zunächst die im Wasser lebenden Lungenschnecken. Indessen scheint der Gebrauch, den diese Thiere von ihrem Luftbehälter zum Zwecke der Bewegung machen, nur ein sehr untergeordneter zu seyn. Um im Wasser auf und nieder zu steigen, kann er nicht benutzt werden. Schon die anatomische Anordnung verbietet es, die der Art ist, daß ein auf denselben ausgeübter Druck die Luft eher austreiben, als comprimiren wird. Nur dann, wenn die Thiere bei gefülltem Luftbehälter an der Oberfläche des Wassers mit ihrem Fuße anhängend fortkriechen (wohl um die mikroscopische Fauna und Flora derselben abzuweiden), wird ihnen die Luft in sofern zu Statten kommen, als sie dadurch specifisch leichter werden, und der Schwerpunkt weiter nach hinten in die von dem Gehäuse umschlossene Eingeweidemasse rückt, die nach unten herabhängt. Sobald man die Thiere in dieser Situation stört, ziehen sie ihren Fuß in das Gehäuse zurück und sinken unter, um so schneller, als sie gewöhnlich dabei die in der Athemhöhle enthaltene Luft mehr oder minder vollständig ausstoßen.

Einen weit vollkommenern Apparat dieser Art besitzen einige Cephalopoden in einer äußern gekammerten Schale, die man schon seit längerer Zeit und, wie es scheint, auch nicht mit Unrecht, als ein hydrostatisches Werkzeug zum Auf- und Absteigen im Wasser betrachtet hat. Die äußere Schale dieser Thiere, deren Zahl in der gegenwärtigen Fauna unseres Erdkörpers nur gering ist (sich nur auf die Genera Nautilus und Spirula beschränkt), ist durch quere Scheidewände in zahlreiche hinter einander liegende Abtheilungen getrennt, die an Größe und Capacität nach der Mündung der Schale zunehmen. Die äußerste wird von dem Thiere bewohnt, die übrigen sind leer und nur mit Luft gefüllt. Die Bildung dieser Kammern steht mit dem (wahrscheinlich periodischen) Wachsthum des Thieres in Zusammenhang, welches immer mehr aus dem hintern Ende der Schale, das es im Anfang bewohnte, nach vorn rückt und jedesmal hinter sich einen neuen Schalenboden absondert, der dann, wie eine Querscheidewand, den vordern Schalenraum von dem hintern scheidet. Daher kommt es, daß die Zahl der Kammern mit dem Alter wächst.

Eine solche Umbildung des hintern Schalenendes während des spätern Wachsthums ist bei den Mollusken nicht selten, nur nicht immer so regelmäßig. Die Scheidewände stehen sonst gewöhnlich weit näher an einander und schmelzen selbst hie und da zu einer dichten Kalkmasse zusammen, die das hintere Ende der Schale zu einem soliden Cylinder macht.

Doch auch die gekammerten Schalen sind nicht in allen Fällen als hydrostatische Apparate zu gebrauchen; sie müssen zu dem Zwecke noch mit einer besondern Einrichtung versehen seyn, die dem Thiere eine Einwirkung auf die Spannung der im Innern enthaltenen Luftmenge möglich macht. Und diese Einrichtung findet sich blos bei den Cephalopoden mit gekammerter Schale.

Die einzelnen Querscheidewände der Schale sind hier mit einer Oeffnung versehen, die in spiraliger Richtung über einander liegen und von einem Strange (sipho) durchsetzt werden, der in der Spitze des Gehäuses sich befestigt und an dem entgegengesetzten Ende an den Mantel sich ansetzt. Dieser Strang ist eine häutige Röhre, deren Lumen nach Durchbohrung des Mantels in die Hohlvenensäcke hineinmündet und von da aus mit Blut gefüllt werden kann.

Sollte sich, wie vorauszusetzen ist, diese Angabe als richtig erweisen, dann können wir über die Bedeutung des Apparates nicht länger in Zweifel seyn. Dann ist das Thier im Stande, durch die Anfüllung des Schalenkanales mit Blut, das denselben ausdehnt, die in den Kammern enthaltene Luft zusammenzudrücken, das specifische Gewicht des Apparates zu vermehren. Nehmen wir nun an, daß das Thier mit dem Wasser ungefähr im Gleichgewichte sey — was für Nautilus gewiß paßt, da sonst die Bewegung an der Oberfläche des Wassers, die er mit unseren Süßwasserschnecken theilt, kaum möglich wäre — so wird eine geringe Vermehrung des specifischen Gewichtes schon hinreichen, das Thier sinken zu machen. Sobald das Blut aus dem Schalenkanale in die Hohlvenensäcke zurücktritt, wird das frühere specifische Gewicht wiederkehren; das Thier steigt dann in die Höhe. — Die vorher betrachteten hydrostatischen Locomotionswerkzeuge besaßen ohne Ausnahme eine nachgiebige Wandung. Auf sie konnte daher auch der Wasserdruck einen Einfluß ausüben, der das Aufsteigen nur innerhalb gewisser Gränzen erlaubte. Hier ist, bei der starren Beschaffenheit der Schalenwandungen, der Wasserdruck von aller Einwirkung auf die Spannung der im Innern enthaltenen Luft ausgeschlossen. Das Thier wird also aus einer jeden beliebigen Tiefe, in die es gesunken ist, auf dieselbe einfache Weise sich wieder erheben können. Nur von der Festigkeit der Schale wird es abhängen, bis zu welcher Tiefe das Thier hinabsteigen darf. Eine allzu beträchtliche Wassersäule möchte vielleicht gefährlich werden.

Unter den übrigen wirbellosen Thieren findet sich ein solcher Apparat nur noch bei den sogenannten hydrostatischen Medusen oder Siphonophoren, jenen merkwürdigen polymorphen Thierstöcken, deren genetische Beziehung zu den ausgebildeten Akalephen wir später (im Kap. von der Entwicklung) noch näher kennen lernen werden. Schon oben (S. 386) haben wir auf die Luftblase dieser Geschöpfe und deren Verhältniß zu den activen Bewegungsorganen hingewiesen. Sie liegt als eine mehr oder minder große Höhle von flaschenförmiger, sphärischer (Physalia) oder scheibenförmiger (Velella) Gestalt im Hinterleibsende des gemeinschaftlichen Thierkörpers, das der Anheftungsstelle der verwandten Hydroiden entspricht, und besitzt ihre eigenen derben (namentlich bei Velella) und elastischen Wandungen. Gegen die gemeinschaftliche Leibeshöhle der Siphonophoren ist sie vollkommen abgeschlossen. Aber dafür besitzt sie auf der äußern Körperfläche eine rundliche, mit einem besondern Sphincter versehene Oeffnung, aus der die eingeschlossene Luft ohne Zweifel hervorgedrückt werden kann. Bei Velella befinden sich statt dieser einen Oeffnung zahlreiche kleine tracheenartige Röhrchen, durch welche der innere Luftraum — der hier durch eine Menge concentrischer Scheidewände in ein System communicirender Kammern abgetheilt ist — nach außen ausmündet.

Von der Anwesenheit dieses pneumatischen Apparates ist es zunächst abhängig, daß die Siphonophoren beständig das hintere Ende ihrer Colonie, welches die Luftblase einschließt, nach oben kehren, sich also schwimmend oder ruhend in einer Lage erhalten, in welcher die

einzelnen Individuen und die übrigen Anhänge des gemeinschaftlichen Stockes nach unten herabhängen.

Die Anwesenheit des pneumatischen Apparates erleichtert aber auch ferner das specifische Gewicht der gesammten Colonie, und in manchen Fällen (Physalia, Velella) — es hängt das begreiflicher Weise mit der relativen Größe des Luftraumes zusammen — so sehr, daß dieselben bei gefüllter Blase auf der Oberfläche des Wassers umhertreiben. Solche Colonieen tragen dann am hintern Ende des Körpers, das aus dem Wasser hervorragt, einen festen senkrechten Kamm, der gleich einem Segel wirkt und die Bewegungen beträchtlich erleichtert. Solche Colonieen entbehren dann auch, was schon früher erwähnt wurde, aller übrigen bewegenden Apparate, wie sie sonst in den Siphonophoren-Colonieen sich vorfinden. Sollen sie niedersinken, so muß die Luft des pneumatischen Apparates bis zu einem solchen Grade comprimirt werden, daß das specifische Gewicht der ganzen Masse größer wird, als das des umgebenden Wassers. Ein Nachlassen des Druckes wird dann das Emporsteigen zur Folge haben.

Denselben Gebrauch werden auch wohl die übrigen Siphonophoren von ihrem Luftraume machen. Wird derselbe (nach einer stärkern Füllung) zusammengedrückt, so sinkt die Colonie, die früher in irgend einer Wasserschicht äquilibrirte, bis sie nach aufgehobenem Drucke wieder emporsteigt. Nur bleibt in allen diesen Fällen natürlich dieselbe Bedingung, wie sonst unter ähnlichen Verhältnissen. Es darf der Körper nicht unter eine bestimmte Grenze, die ihm durch den Druck des Wassers gesetzt ist, hinabsteigen, wenn er nicht den Gebrauch seines hydrostatischen Apparates temporär verlieren will.

Auch da müssen die Colonieen natürlich auf den einstweiligen ferneren Gebrauch ihres Luftapparates verzichten, wo sie nicht durch eine Compression, sondern durch ein Austreiben der eingeschlossenen Luft in die Tiefe sinken.

Die elektrischen Organe der Fische.

Wenn wir eine kurze Erwähnung dieser merkwürdigen Apparate als Anhang zu den Bewegungswerkzeugen einschieben, so ist dieß, in Ermangelung irgend bestimmterer Analogieen, welche eine andere Stellung derselben rechtfertigen könnten, wohl schon dadurch hinreichend motivirt, daß sie:

1) außer den contractilen Fasern die einzigen Organe sind, von welchen wir mit Sicherheit wissen, daß sie von den Centraltheilen des Nervensystems aus durch Nerven unmittelbar in Thätigkeit gesetzt werden; *)

2) zu den kräftigsten Waffen gehören, mit welchen Thiere auf Thiere zu wirken im Stande sind, mithin in ganz ähnlichem Verhältnisse zu den Bedürfnissen des wirkenden Thieres stehen, als sonst die mechanischen, durch Muskeln bewegten Angriffsorgane.

Vielleicht dürfen wir als drittes Motiv noch hinzusetzen, daß ja die neuere Zeit gelehrt hat, wie auch im Muskel, in den Augenblicken des Ueberganges aus Ruhe in Thätigkeit und umgekehrt, Umänderungen des elektrischen Processes geschehen, welche eine Wirkung auf die nächste Umgebung des Muskels ausüben. — Die elektrischen Organe sind bei den Fischen, welche sie besitzen: Torpedo, Narcine, Gymnotus, Mormyrus, Gymnarchus, Malapterurus, so verschieden auch ihre äußere Form seyn mag, wohl überall zusammengesetzt aus einer sehr großen Anzahl kleiner Kapselchen oder Höhlchen, welche, in zart membranösen, sehr nervenreichen Wandungen einen flüssigen Inhalt einschließend, dicht an einander gedrängt, das ganze elektrische Organ bilden. Von einigen der genannten Thiere, so von den Nilfischen Gymnarchus, Mormyrus, kennen wir bis jetzt noch nicht**) die elektrische Wirkung, nur das Organ, welches man seiner Bildung nach, mit vielem Anschein, als ein elektrisches angesprochen hat.***)

---

*) Dieser Satz dürfte nach Ludwig's Beobachtungen an den Speicheldrüsen jetzt zu beschränken seyn.

**) Nach mündlicher Mittheilung des Herrn Dr. Rüppel an Leuckart vermag Mormyrus bei der Berührung keine (ohne Weiteres dem Menschen bemerkbare) Schläge zu ertheilen.

***) An der Schwanzwurzel der gewöhnlichen Rochen ist neuerdings gleichfalls ein Gebilde

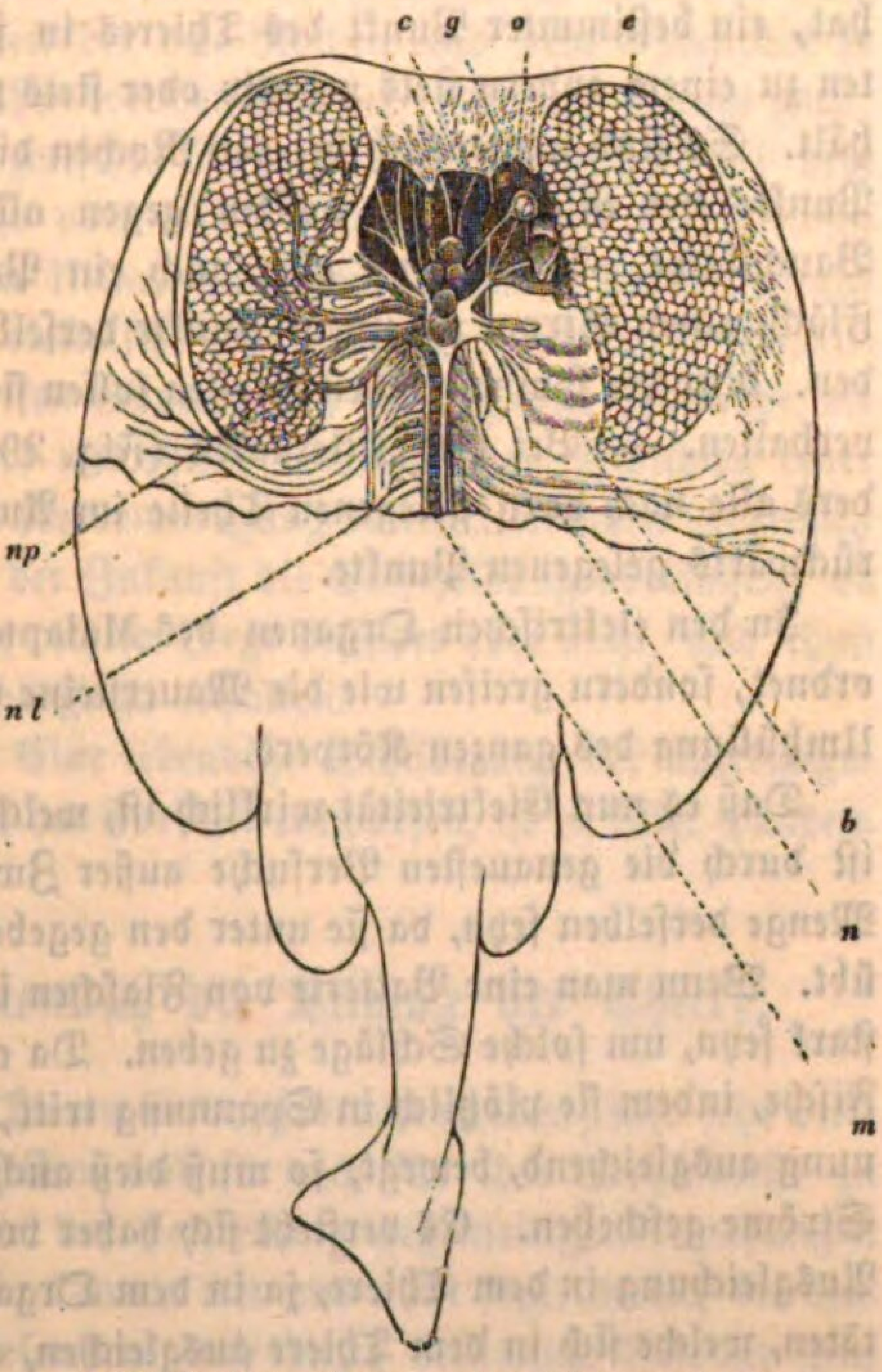
Verschieden verhalten sich die genannten zellenförmigen Abtheilungen in Hinsicht ihrer Aneinanderreihung, ihrer Lage am Körper, verschieden sind auch die Nerven, welche in sie eintreten, ihrem Ursprung nach. Sie entspringen bei den einen vom Rückenmarke, bei den anderen vom Gehirn.

Fig. 292.



Zitterrochen.

Fig. 293.



Elektrische Organe im Zitterrochen.

Bei den Torpedo-Arten, den sog. Zitterrochen (Fig. 292), ist das elektrische Organ am meisten, auch im frischen Zustande, genau untersucht. Es liegt bei ihnen eines dieser beiden Organe jederseits, theils neben dem Kopfe, theils neben dem Anfangstheile des Rumpfes, zwischen den Kiemen; nach hinten, außen und vorn von einem Knorpelrahmen eingefaßt, welcher die Brustflossen trägt. Das Organ füllt diesen Raum und reicht oben an die Rücken-, unten an die Bauchhaut des flachen Thieres. — Die Hohlräume sind nun in diesen Organen zu regelmäßigen aufrecht stehenden Reihen oder Säulen an einander gereiht, so daß die obere Fläche des Organes aus allen oberen, die untere aus allen unteren Enden der Säulen besteht, wie es in der Figur 293 (e) zu sehen ist. Die Säulen sind prismatisch, wie Basaltsäulen, neben einander gestellt. Die Zellen liegen in den Säulen regelmäßig übereinander, sind durch horizontale Membranen von einander gesondert, welche die Säulen rechtwinklig gegen deren Längs- oder senkrechte Axe durchsetzen. An diese Organe treten bedeutende Stämme von Gehirnnerven (n p der Figur), drängen sich zwischen die Säulen und in dieselben hinein, so daß jede kleine Querscheidewand ein reiches Netz von Nervenendigungen erhält. Der Gehirntheil, von welchem sie entspringen (elektrischer Lappen, lobus electricus), ist durch seinen innern Bau sowohl, als auch durch seine Lage ausgezeichnet, nicht vergleichbar mit Theilen des Gehirns anderer Fische. Von diesem elektrischen Lappen aus geht nun die Erregung der Nerven und des Organs, welche den elektrischen Schlag zur Folge hat. Unterbindung oder Durchschneidung der Nerven hebt diese Wirkung des Gehirns auf, ebenso, wie sie den Einfluß desselben auf Muskeln vernichtet. Die Entladung erfolgt willkürlich, oder sie wird auch durch einen Reiz, in ähnlicher Weise wie die Reflexthätigkeit, hervorgerufen.

Nächst den Zitterrochen ist besonders der Zitteraal, Gymnotus electricus, der Gegenstand genauerer Untersuchungen gewesen. Hier liegen die elektrischen Organe an dem ungemein langen Schwanze, zu den Seiten und nach unten und erhalten ihre Nerven nur vom Rückenmarke. Ihre Längsdimension ist sehr groß im Verhältniß zu ihrer Höhe und Breite. Auch diese Organe lassen sich ansehen als zusammengesetzt aus Säulen. Aber hier sind die

---

entdeckt worden, das allerdings in histologischer Hinsicht einige Aehnlichkeit mit einem elektrischen Organe hat, um so weniger sicher jedoch als solches zu deuten ist, als die Untersuchungen über die funktionelle Bedeutung desselben bisher noch keine Auskunft gegeben haben.

Säulen horizontal gelegt, sehr lang und wenig zahlreich; die Scheidewände in den Säulen sind senkrecht nicht bloß gegen die Axen der Säulen und des ganzen Organes, sondern eben so auch gegen die Längsaxe des Körpers gelegt, während sie bei den Rochen parallel der Rücken- und Bauchfläche des Thieres verlaufen. Bei der einen wie bei der andern dieser Formen der Organe hat man nachgewiesen, daß der Strom bei der Entladung stets eine bestimmte Richtung hat, ein bestimmter Punkt des Thieres in seinem Verhalten zu einem andern stets negativ oder stets positiv sich verhält. So sind namentlich bei den Rochen die verschiedenen Punkte der Rückenfläche positiv gegen alle Punkte der Bauchfläche. Dabei kann aber auch ein Punkt der einen Fläche einen Strom zu einem Punkte derselben Fläche senden. Nur die symmetrischen Stellen sollen sich völlig gleich verhalten. — Bei den Zitteraalen (Fig. 294) sind besonders alle nach vorn gelegenen Theile im Augenblicke des Schlages positiv gegen alle weiter rückwärts gelegenen Punkte.

Fig. 294.



Zitteraal.

In den elektrischen Organen des Malapterurus sind die Zellen nicht reihenweise angeordnet, sondern greifen wie die Mauersteine in einander. Sie bilden eine dicke cylindrische Umhüllung des ganzen Körpers.

Daß es nun Elektricität wirklich ist, welche durch diese Organe in Bewegung gesetzt wird, ist durch die genauesten Versuche außer Zweifel gesetzt. Es muß auch eine nicht geringe Menge derselben seyn, da sie unter den gegebenen Umständen so bedeutende Wirkungen ausübt. Wenn man eine Batterie von Flaschen in ähnliche Verhältnisse versetzt, so muß sie sehr stark seyn, um solche Schläge zu geben. Da es Elektricität ist, welche bei dem Schlage dieser Fische, indem sie plötzlich in Spannung tritt, sich durch alle vorhandenen Leiter, die Spannung ausgleichend, bewegt, so muß dieß auch ganz nach den Gesetzen der Leitung elektrischer Ströme geschehen. Es versteht sich daher von selbst, daß immer ein bedeutender Theil der Ausgleichung in dem Thiere, ja in dem Organe selbst geschehen muß, und daß die Quantitäten, welche sich in dem Thiere ausgleichen, auch abhängig sind von den Leitern, welche sich an der Oberfläche des Fisches befinden. Je nachdem dieß metallische sind, oder salziges oder süßes Wasser, oder die Körper anderer Thiere, ist die Menge der Elektricität, welche durch diese äußeren Leiter geht, und somit auch die Menge, welche sich innerhalb des elektromotorischen Thieres selbst ausgleicht, verschieden. Es beruht also die Fähigkeit des Thieres, einen elektrischen Schlag zu ertheilen, mit anderen Worten wesentlich darauf, daß der Körper des Thieres im Verhältniß zu dem umgebenden Medium zu schlechte Leitungsbedingungen darbietet, als daß die große Masse der frei gewordenen Elektricität nicht großentheils durch diese Umgebung sich ausgleichen müßte. Der Zitteraal, welcher in süßem, schlechter leitendem Wasser lebt, ist in dieser Hinsicht in weniger vortheilhafter Lage als der Rochen. Dagegen vermag der Aal durch bogenförmige Krümmung wieder seine positivsten und seine negativsten Theile einander anzunähern. Dadurch wird dann die zu durchbrechende Wasserschicht zwischen den Enden dieses Bogens kürzer und in demselben Maße der Widerstand, welcher sich hier der Elektricität entgegensetzt, geringer, während der Widerstand in dem Körper des Thieres selbst stets derselbe bleibt. Ja, da es hauptsächlich der Zweck der Entladung ist, fremde thierische Theile zu treffen, so kann der Widerstand des süßen Wassers fast ganz außer Spiel gesetzt werden, indem der Aal sein Vorder- und Hinterende dem andern Thiere anlegt und dann seine elektrische Wirkung vollzieht. Dieß sind Verhältnisse, unter welchen selbst in der Luft lebende Thiere, wenn sie mit elektrischen Organen versehen wären, anderen starke Schläge würden ertheilen können.

Was bis jetzt über diese Organe feststeht, sind also: Beobachtungen über ihren Bau und

über ihre Wirkungen nach Außen. Dagegen wissen wir keineswegs, welche Veränderung in dem Organe die Ursache der sogenannten Entladung oder vielmehr jener plötzlichen, sich augenblicklich ausgleichenden Spannung ist. Ja wir wissen überhaupt bis jetzt nichts Näheres über die elektromotorische Wirksamkeit der Elemente, aus welchen das Organ gebildet ist. Es hat freilich etwas Verlockendes, dieselben mit galvanischen Säulen zu vergleichen, insofern die oben beschriebenen Reihen von Höhlchen, welche wir auch Säulen genannt haben, allerdings einen Wechsel heterogener Bestandtheile (Wandung und Inhalt der Höhlchen) darbieten, so wie auch deßhalb, weil bei den Rochen und dem Gymnotus es vorzugsweise die Enden der Säulen sind, zwischen welchen sich der elektrische Strom zeigt: zwischen Rücken und Bauch bei dem Rochen, zwischen Vorder- und Hintertheil bei dem Gymnotus. Ja es wird diese Auffassungsweise noch näher gelegt durch die Vertheilung der Nerven an die Zwischenwände zwischen den kleinen Höhlchen. Denn es kommt darauf an, eine im ruhigen Zustande nicht vorhandene elektrische Spannung plötzlich durch Nervenwirkung zu erregen. Wir werden uns also denken können, daß im ruhigen Zustande die Wandungen sich indifferent verhielten gegen die mit ihnen abwechselnden Schichten einer halbflüssigen Masse, und nur im Momente der Nervenerregung einen elektrischen Gegensatz gegen dieselben bildeten. Indessen müssen wir der Zukunft die Entscheidung überlassen, ob man mit einer solchen Auffassung sich auf dem rechten Wege befindet oder nicht, und thun dieß mit der Hoffnung, recht bald weitere Aufschlüsse zu erhalten.

Diese Andeutungen mögen hier genügen. Eine lebendige Schilderung der Wirkungsweise der Gymnoten, von einem berühmten deutschen Forscher entworfen, ist in Aller Händen. Darum hierüber nichts weiter.

Ueber die Geräusche, Töne, namentlich die Stimme der Thiere.

Die Geräusche und Töne, welche von den Thieren hervorgebracht werden, sind sehr vielfach von Bedeutung für das eigene Leben derselben und so auch für ihre Verhältnisse zu anderen. Wollen wir uns dies bedeutende Mittel der Herstellung gegenseitiger Beziehungen in seinem ganzen Umfange vergegenwärtigen, so können wir uns nicht sogleich auf die Geräusche oder Töne beschränken, welche ganz besonders und durch bestimmte Bewegungen, absichtlich und durch eigentliche Stimmapparate hervorgebracht werden; wir müssen uns vielmehr erinnern, wie die bloße Ortsbewegung sehr vieler Thiere schon von mehr oder weniger deutlichen Geräuschen begleitet ist, welche natürlich im Thierleben schon sehr vielfach zur Aufsuchung der Beute oder zur Vermeidung mächtiger Feinde dienen. Der Lauf der Säugethiere, der Flug der Vögel, der Insecten sind hierin manchfach verschieden: das Stampfen des Pferdes und das Schleichen der Katzen, der laute Flügelschlag der Tauben und die unheimlich leise Bewegung der Eule und Fledermaus, das Schnarren der fliegenden Heuschrecken, und das Summen der Mücken und Bienen.

Solche Geräusche, welche die Bewegung des Thieres ohne seinen Willen begleiten, finden sich merkwürdiger Weise mitunter durch eigenthümliche Instrumente erzielt. So wird die an sich geräuschlose Ortsbewegung der Schlangen dem Ohre merklich bei den giftigen Klapperschlangen, durch das seltsame Instrument, mit welchem ihr Schwanz ausgerüstet ist. Es besteht aus einer Reihe horniger, tutenförmiger Kapseln, welche so aneinander befestigt sind, daß immer das Ende der vorhergehenden in dem Anfange der folgenden beweglich eingefügt ist.*)

---

*) Nach Bildung und Entwicklung gehört diese Klapper der Klapperschlangen zu der hornigen Hautbedeckung. Den neugeborenen Individuen wird sie ohne Zweifel fehlen. Statt der Klapper besitzen diese am hintern Schwanzende gewiß nur einen einfachen hornigen Ueberzug, der nach vorn unmittelbar in die Schuppenhaut übergeht, selbst aber der Schuppen entbehrt und wie eine tutenförmige Kappe die Spitze des Schwanzes bekleidet. Die Muskeln des Rumpfes hören vor dieser

Dann werden aber auch die anderen Organe, namentlich Bewegungs- und Freßwerkzeuge, zur Hervorbringung von Geräuschen mehrfach besonders benutzt. Als hierher gehörig erwähnen wir das Klappern der Störche mit dem Schnabel, das Stampfen der Schafe mit dem Vorderfuße, welches man bemerkt, wenn dieselben überrascht einen fremdartigen Gegenstand anstarren. Es ist dieß wohl ein Gestus welcher, wie das Schwanzwedeln des Hundes, ein unmittelbarer physiognomischer Ausdruck genannt werden muß. Daher dient es daneben auch bei diesen gesellig lebenden Thieren, um die Aufmerksamkeit aller auf den Gegenstand zu lenken, welcher einem zuerst aufgefallen ist. Noch deutlicher tritt ein solcher Zweck bei dem kräftigen Fußschlage hervor, mit welchem das Kaninchen seine Genossen vor Gefahr warnt. — Am allgemeinsten werden nun aber solche und noch andere Zwecke bei den luftathmenden Wirbelthieren durch die Thätigkeit gewisser Apparate erreicht, welche an der Luftröhre angebracht sind und durch den Luftstrom zu Tonschwingungen veranlaßt werden können.

Wenn auch bei dem Menschen allein jener manchfaltigste Ausdruck geistiger Zustände möglich wird, welchen man Sprache im engern Sinne nennt, so dienen doch auch die Stimmwerkzeuge der Thiere und namentlich der Homöothermen zum Ausdrucke und zur Mittheilung verschiedenartiger Gemüthszustände, des Behagens, der Freude, des Zornes und Schmerzes, zum Warnen und Anlocken. Diese Töne sind bedeutungsvoll für das gesellige, das Familien- und das Geschlechtsleben der Thiere, weßhalb sie denn auch manchmal bei den männlichen Individuen vorzugsweise sich finden. Wo aber die Thätigkeit der Stimmwerkzeuge in solchem Maaße, so anhaltend und mächtig ausgeübt wird, wie bei vielen Vögeln, namentlich den sogenannten Singvögeln, da ist auch wohl an eine Rückwirkung dieser gewaltigen Anstrengung auf den Lebensproceß des singenden Thieres selbst zu denken. Merklich vermehrter Stoffumsatz, erhöhte Wärmebildung müssen die Folge davon seyn. Und in dieser Hinsicht ist es bemerkenswerth, daß die Sänger durchweg zu den kleineren Vögeln gehören, bei welchen Muskelkraft leicht im Ueberschuß zu erzielen, zur Bildung der nöthigen Wärme aber wohl eine besondere Steigerung des chemischen Processes unter Umständen zweckmäßig seyn kann. Bekanntlich sind es auch mehr die kühleren als die wärmeren Tageszeiten, in welchen sich die Singvögel hören lassen.

Die Stimmapparate finden sich bei den Säugethieren allgemein am obern Ende der Luftröhre (eigentlicher Kehlkopf), während bei den Vögeln das untere Ende (die Spaltungsstelle) den tönenden Apparat (untern Kehlkopf) zu bilden pflegt. Bei einigen derselben ist aber auch die eigentliche Luftröhre dicht oberhalb der Spaltung für die Stimmbildung eigenthümlich hergerichtet, während bei anderen das Tönende an den Anfängen der beiden Luftröhrenäste, ohne alle Theilnahme der Luftröhre, angebracht ist.

Wo bei den beschuppten Reptilien eine bedeutende Stimmbildung vorkommt (das amerikanische Krokodil schreit wie ein Kätzchen, wenn es jung ist, die alten sollen zuweilen brüllen wie Ochsen) ist ohne Zweifel der eigentliche Kehlkopf der Sitz derselben. Auch bei den nackten Reptilien, unter welchen ja manche schwanzlose, Frösche, Unken u. s. w., durch ihre Stimm-

---

Kappe auf, so daß dieselbe nur durch Zellgewebe und Gefäße von dem Schwanzende der Wirbelsäule, das aus drei verwachsenen Wirbelkörpern besteht, getrennt wird. Die Form dieser Knochen wiederholt sich in der Kappe: durch zwei ringförmige Einschnürungen wird sie in drei hinter einander gelegene Segmente (nicht in zwei, wie Carus angibt) getheilt, von denen das äußerste das kleinste ist. Eine ähnliche tutenförmige Schwanzkappe findet sich auch bei einigen anderen Schlangen, namentlich bei der gewöhnlichen Acanthophis, die den Klapperschlangen sehr nahe steht. Hier aber ist diese Kappe ohne Einschnürungen und kann deßhalb bei der Abschuppung mit der übrigen Haut entfernt werden. Anders aber bei der Klapperschlange, welche die Schwanzkappe bei der Häutung freilich gleichfalls abstößt, aber nicht verlieren kann, weil dieselbe durch ihre verengte Basalöffnung auf der neugebildeten Kappe festgehalten wird. Auf solche Weise bildet sich die Klapper; eine jede Kapsel ist das Zeichen einer vorhergegangenen Häutung und ihre Zahl vermehrt sich mit den Jahren (bis zu 40—50). L.

bildung bekannt sind, kann man das Organ als dem obern Kehlkopfe entsprechend ansehen, obwohl hier sich durch Verkürzung des luftleitenden Apparates die Lungen sogleich daran anschließen.

Der Ton entsteht in diesen Instrumenten meist dadurch, daß elastische Bänder oder Häute dem Luftstrom in solcher Weise ausgesetzt werden, daß dieser sie in Schallschwingung versetzt, wie ein Geigenbogen die Darmsaite. Bei nackten Reptilien kommen auch Knorpelchen vor, welche in ihre Stimmlade vorragen, so daß man wohl annehmen mag, sie verträten hier die Stelle der elastischen Bänder. Möglich ist es aber sehr wohl, daß außer dieser Art der Stimmbildung auch noch andere vorkommen, daß namentlich auch der Luftstrom für sich in Schallschwingungen gerathen kann, auf ähnliche Weise wie in flötenartigen Instrumenten. Sollen elastische Bänder oder Häute willkürlich in Schallschwingung versetzt werden, sollen diese Schallschwingungen bestimmte seyn und modificirt werden können, so ist es nöthig, daß ihre Stellung gegen den Luftstrom, die Stärke desselben und die Spannung der elastischen Mittel veränderlich sind. Die Stärke des Luftstroms beruht auf den Muskeln, welche überall die angestrengte Ausathmung bewirken, und kann also in hohem Maaße den Erfordernissen angepaßt werden. Die Stellung und Spannung der elastischen Mittel geschieht aber durch den Stimmapparat im engern Sinne, abgesehen davon, daß allerdings der verstärkte Luftstrom schon an sich namentlich auf die Spannung einen Einfluß zu üben vermag. Als accessorische Apparate des Stimmorgans lassen sich noch verschiedene Einrichtungen bezeichnen, welche namentlich auf die Resonanz der die tönenden Theile umgebenden Gegend einen Einfluß haben: Luftsäcke am Kehlkopfe.

Wir betrachten nur den Kehlkopf der Säugethiere etwas näher, da seine Funktion am genauesten bekannt ist. Das obere Ende der Luftröhre wird von einigen Knorpeln gebildet, welche von der Form der weiter abwärts vorkommenden Ringe, Halbringe u. s. w. bedeutend abweichen. Zwei dieser, das Gerüste des Kehlkopfes darstellenden Knorpel zeichnen sich besonders durch ihre Größe aus. Der eine derselben (Schildknorpel) bildet die Wand des Kehlkopfes nach vorn und zu den Seiten; es ist der feste Theil, welcher, am Halse des Mannes stark vorspringend, den Namen des Adamsapfels führt. Man kann ihn auffassen als aus zwei Seitentheilen gebildet, welche sich nach vorn in der Mittellinie in einen mehr oder weniger abgerundeten Winkel vereinigen. Der andere (Ringknorpel) liegt etwas tiefer und umgibt ringförmig das Luftrohr. Dieser Ring ist vorn, wo er unter dem Schildknorpel seine Lage hat, schmal, nach hinten aber breit. Die Ausbreitung ist nach oben gerichtet, so daß sie einen bedeutenden Theil an der Bildung der hintern Kehlkopfswand nimmt. Auf ihrem obern Rande stehen zwei gewöhnlich kleinere Knorpel mit breiter Grundfläche auf (Gießkannenknorpel). Sie erheben sich von dieser Grundfläche in Gestalt von kleinen, nach hinten geneigten Hörnern. Ihre Basis ist mit dem obern Rande des Ringknorpels gelenkartig verbunden, so daß sie einander angenähert und von einander entfernt, vorwärts (gegen den Schildknorpel hin) und rückwärts bewegt werden können.

Die Schleimhaut der Luftröhre setzt sich nun durch den Kehlkopf nach oben bis zum Uebergange in die Schlundschleimhaut fort. Es ist dieselbe aber im Kehlkopfe nicht so einfach mit den Knorpeln verbunden, wie in der Luftröhre, sondern zunächst an ihr liegen in bedeutender Erstreckung theils elastische, theils muskulöse Fasern, die den innern Raum theilweise bedeutend einengen.

Die Hauptmasse der elastischen Fasern ist an der Basis der Gießbeckenknorpel nach hinten und in dem Winkel des Schildknorpels nach vorn befestigt. Sie umgeben auf diese Weise den Eingang aus dem Schlunde in den Kehlkopf und geben demselben, wegen ihrer eben angegebenen Befestigung, die Form einer von vorn nach hinten ausgedehnten Spalte. Diese Spalte läuft nach vorn, wo sie am Schildknorpel endigt, ganz spitz aus; die hintere Weite ist durch die veränderliche Distanz der beiden Gießbeckenknorpel bedingt. Die Spalte selbst aber geht zwischen den Basen eben dieser Knorpel noch weiter nach hinten, ist nicht völlig

von elastischen Fasern begrenzt, sondern theilweise von Knorpel. Dieser hintere Theil ist selbst bei manchen Thieren ganz ansehnlich. Die Spalte zwischen den elastischen Strängen wird Stimmritze genannt. Wir unterscheiden eine obere und untere Stimmritze (glottis oder rima glottidis superior und inferior), indem zwischen den Strängen, welche den obern Eingang des Kehlkopfes unmittelbar begrenzen, und den etwas tiefer ihnen parallel laufenden

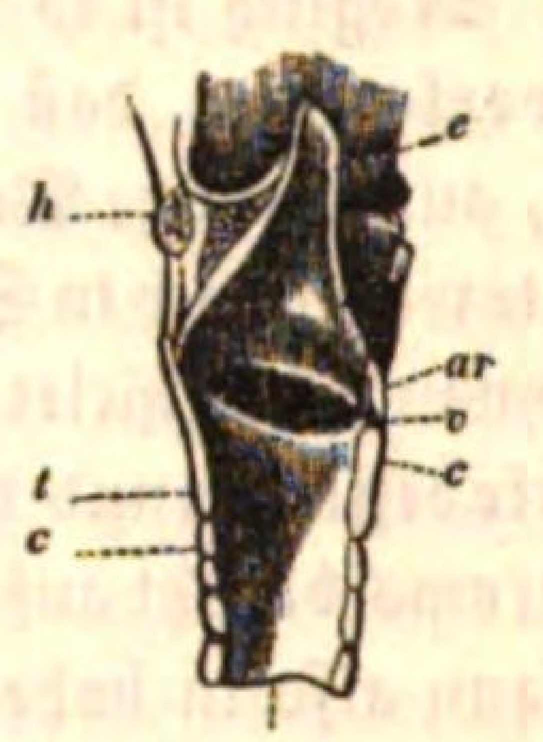
Fig. 295.



Menschlicher Kehlkopf von der linken Seite.

h Zungenbein;
t Schildknorpel;
a Adamsapfel, Hervorragung des Schildknorpels;
c Ringknorpel;
tr Luftröhrenanfang.

Fig. 296.



Die rechte Hälfte des menschlichen Kehlkopfs von Innen angesehen.

h Durchschnitt des Zungenbeins in der Mittellinie;
t Durchschnitt des Schildknorpels;
c c vorderer (schmaler) und hinterer (breiter) Durchschnitt des Ringknorpels;
ar Gießkannenknorpel der rechten Seite;
v der Morgagnische Ventrikel, nach oben von dem obern, nach unten von dem untern Stimmbande bedeckt;
e Epiglottis oder Kehldeckel.

Fig. 297.



Ansicht von vorn, in welche mit punktirten Linien die Form des innern Raums hineingetragen ist.

ls Vorsprung, welchen das obere,
li Vorsprung, welchen das untere Stimmband bildet;
v Ventrikel.

sich eine Vertiefung jederseits befindet, in welche die Schleimhaut sich sackförmig eindrängt: ventriculus Morgagni. Eben durch diese Einsackung liegen die unteren Stimmbänder, d. h. die Stränge, welche die untere Glottis begrenzen, freier und sind fähiger, durch die Luft in Schwingung versetzt zu werden. Diese unteren Bänder sind auch allein bei fast allen Säugethieren constant, während sich oberhalb der Ventrikel bei vielen keine elastischen Bänder finden. Kein Kehlkopf ist jedoch so gebildet, daß im erschlafften Zustande aller seiner Muskeln die durchstreichende Luft den elastischen Apparat in Schwingung versetzte. Verengerung der Ritze und Spannung der Bänder sind dazu nothwendig.

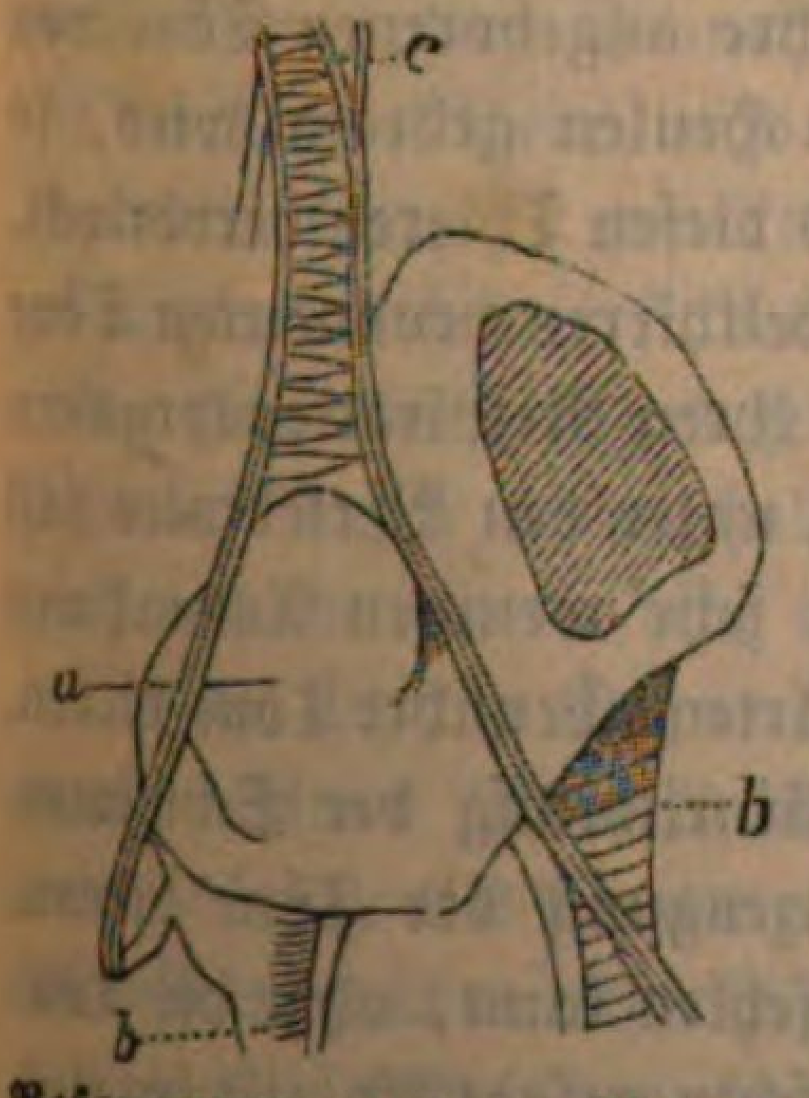
Wir haben schon gesehen, wie die Gießkannenknorpel in verschiedenen Richtungen auf dem Ringknorpel verschoben werden können, und es ist leicht begreiflich, wie aus den verschiedenen oben angegebenen Richtungen dieser Bewegungen Spannung und Abspannung der Bänder, Erweiterung und Verengerung der Ritzen hervorgehen muß. Aber auch der Ringknorpel selbst, auf welchem die Gießbeckenknorpel stehen, ist in seiner Stellung zu dem Schildknorpel nicht unveränderlich und kann folglich auch an den Spannungswechseln der Bänder sich betheiligen. Außerdem ist auch noch zu erwähnen, daß einige Muskeln oder Theile von Muskeln auf die Spannung des elastischen Apparates und die Form des Luftraumes auch noch auf andere Weise, als vermittelst der Knorpel, wirken. Unter den Muskeln, welche die Gießbeckenknorpel bewegen, gehen einige von einem derselben zum andern hinüber (können also nur dieselben aneinanderziehen), andere gehen in verschiedenen Richtungen vom Ringknorpel zu den Gießbeckenknorpeln, noch andere aber laufen von letzteren Knorpeln auf der Außenseite der Schleimhaut und des elastischen Gewebes nach vorn und befestigen sich an der Innenseite des Schildknorpels. Diese können auf die Gießbeckenknorpel zunächst keine andere Wirkung haben, als sie nach vorn zu ziehen, was die Stimmbänder erschlaffen müßte. Da aber diese Muskeln, indem sie sich anspannen, zugleich auf die Schleimhaut unterhalb der Stimmbänder drücken, so ändern sie auch direct die Form des Luftraumes.

Außerdem verändern sie aber auch auf eigene Weise die Spannung und Schwingbarkeit des elastischen Gewebes, auf welchem sie liegen. Nicht bloß, daß sie durch Druck dessen Schwingungen theilweise hemmen; wie es scheint, setzen sich vielmehr auch Fasern dieser Muskeln direct mit dem untern Stimmband und zwar nach dessen ganzer Länge so in Verbindung, daß es bei eingetretener Spannung nur noch am äußersten freien Rande zu schwingen vermag. Auf solche Weise scheint, nach genauen Untersuchungen, die Entstehung der Fistelstimme bei stärkeren Anspannungen der Bänder verhütet zu werden.

Die große Manchfaltigkeit der thierischen Stimmen beruht nun einerseits auf den verschiedenen Dimensionen der hier beschriebenen Theile, nebst der verschiedenen Mächtigkeit des Luftstromes, über welchen ein Thier zu gebieten hat. Außerdem aber kommen dabei auch manche besondere Einrichtungen, namentlich die sogenannten Luftsäcke, in Betracht. Diese finden sich besonders häufig bei Affen. In der Regel findet man oberhalb des Schildknorpels eine Oeffnung, welche in einen weiten, außen auf den Stimmwerkzeugen liegenden Sack führt. Bei den Brüllaffen ist die Einrichtung besonders merkwürdig. Ihr Zungenbein ist nämlich in seinem mittleren Theile zu einer mächtigen knöchernen Blase aufgetrieben, deren Höhle mit den Morgagnischen Ventrikeln in offener Verbindung steht. Auch eines unserer gemeinen Hausthiere besitzt eine Entwicklung der Morgagnischen Ventrikel, welche auf die Stimme einen großen Einfluß hat. Bei dem Esel nämlich ist jeder dieser Ventrikel in einen Sack erweitert, welcher, innerhalb des Schildknorpels, nach außen von der elastischen Bekleidung des Luftraums liegt, folglich die Schwingbarkeit dieser Theile sehr erhöht, und als eine Ursache der gewaltig tönenden Stimme dieses Thieres betrachtet werden muß. Daß nun bei den Vögeln und Reptilien der Stimmapparat eine andere Einrichtung annimmt, hängt innig mit früher besprochenen Verhältnissen zusammen. Sie haben im Allgemeinen keinen Kehldeckel. Deßhalb müssen die Gießbeckenknorpel (oder Knochen) sich bei ihnen nach vorn ausdehnen, einen festen Rahmen um den Eingang zum Kehlkopfe bilden, um diesen verschließen zu können; sie sind folglich nicht geeignet, der Stimmbildung zu dienen.

In den Stimmorganen der Vögel haben neuere Untersuchungen eine so große Manchfaltigkeit nachgewiesen, daß im Allgemeinen sich nur sehr Weniges mehr darüber sagen läßt, als oben schon erwähnt wurde. Die Tonschwingungen im untern Kehlkopfe der Vögel, welcher jedoch manchen (mehreren Geyern, den Störchen und Straußen) fehlt, bei anderen sehr unvollkommen ist, finden bald an hervorragenden elastischen Bändern, bald an elastischen Häuten Statt, welche zwischen festen Theilen (eigenthümlich modificirten Ringen oder Halbringen der Luftröhre oder der Bronchien) gespannt sind. Ihre Spannung so wie die Stellung gegen den Luftstrom wird, wie bei dem Kehlkopfe der Säugethiere, durch eigenthümliche Muskeln bestimmt. Knöcherne Blasen, zu welchen sich einzelne Ringe erweitern, wirken als Resonanzapparate. So bei Enten, Sägetauchern u. a.

Fig. 298.



Resonanzapparat von Mergus.
a Trommel; b Luftröhrenäste; c Luftröhre.
Bergmann u. Leuckart.

Unter den Reptilien ist die Begabung mit einer Stimme nur bei den froschartigen einigermaßen bedeutend, hier aber auch in sehr verschiedener Weise ausgebildet, vom lauten Quarren der Frösche zu dem sanften, einem gedämpften Glöckchen ähnlichen Tone verschiedener Kröten. Es ist die manchfaltig gebildete Stimmlade, der Inbegriff des Kehlkopfes und der sehr kurzen Luftröhre, das Instrument dieser Thiere. Auch Luftsäcke, welche sich beim Schreien aufblasen lassen, finden sich, wenigstens bei männlichen Fröschen, und sind wohl als accessorische Stimmwerkzeuge gedeutet worden.

Während sehr viele Thiere durch solche Apparate befähigt sind, Töne zu erzeugen, diesen Tönen auch verschiedene Höhe und Stärke zu geben, ist es ein Vorrecht des Menschen, durch Verbindung und Abwechselung der Thätigkeiten des

Gaumensegels, der Zunge, Zähne und Lippen mit denen des Kehlkopfes, eine artikulirte Sprache zu bilden. Zwar sind die anatomischen Bedingungen dazu bei den Säugethieren in einigermaßen ähnlicher Weise wie bei dem Menschen vorhanden, so daß man kaum zweifeln kann, es müßte möglich seyn, mit diesen Apparaten eine Sprache zu bilden, jedenfalls vollkommener, als es die erlernte der Papageyen, Staare und Raben ist. Aber, ganz abgesehen von dem Mangel des geistigen Bedürfnisses, welches bei dem Menschen die Sprache zur Erscheinung bringt, fehlt es diesen Thieren an allem Nachahmungstriebe gerade in dieser Richtung. Sonderbar genug, daß die Affen, deren Nachahmungssucht sonst so berufen ist, und deren Mundhöhle die größte Aehnlichkeit mit der des Menschen hat, nie dem Menschen ein Wort nachsprechen! — Berücksichtigen wir dem gegenüber, was einige Vögel mit ihren viel unvollkommeneren Werkzeugen (statt der Zähne und Lippen haben sie ja nur den Schnabel) leisten, so möchte man wohl annehmen, daß ein sehr wesentlicher Grund dieses Unterschiedes in der größern Feinhörigkeit der Vögel liege. Freilich ist das Gehör der Säugethiere in mancher Hinsicht auch sehr ausgebildet, sehr fein, aber wohl nicht in demselben Sinne, wie das der Vögel. Wir können uns durch Beobachtung von Säugethieren überzeugen, daß sie sehr leise Töne vernehmen und deren besondere Art (Höhe und Tiefe) erkennen; am leichtesten überzeugen wir uns davon durch Untersuchung solcher Hausthiere, welche der Stimme des Menschen folgen, wie namentlich des Hundes. Dieser erkennt die Stimme seines Herrn, er faßt die Unterschiede auf, welche dem Tone durch verschiedene Affekte mitgetheilt werden, er merkt sich und unterscheidet eine Mehrzahl verschiedener Befehle. Aber wir haben keinen Grund, anzunehmen, daß ein solches Thier die ganze Articulation der Worte genau auffaßt. Es würde immerhin interessant sein, genauer, als ich es bis jetzt habe thun können, zu untersuchen, ob ein Hund verschiedene Befehle zu verstehen lernen würde, welche man ihm mit ähnlich klingenden, aber in den Consonanten verschiedenen Worten gäbe, wie z. B. Trink, flink, sink u. s. w. Daß nun dagegen einzelne Vögel ein Gehör für die Articulation haben, scheint gerade aus ihren Nachahmungsversuchen mit Bestimmtheit hervorzugehen. So unvollkommen diese sind und seyn müssen, so ist es doch, eben wegen der Mangelhaftigkeit ihrer Apparate, wunderbar, wie viel sie leisten; so viel wenigstens, daß manche ihrer erlernten Worte sogleich verstanden werden, und der Mangel vieler Consonanten vielen Leuten gar nicht auffällt. Wunderbar übrigens, daß derselbe Nachahmungstrieb, welcher die erste Bildung articulirter Laute bei dem Kinde zur Folge hat, sich in Geschöpfen wiederfinden muß, welche dem Menschen schon so fern stehen! Wie sehr aber der Trieb, Gehörtes wiederzugeben, bei den Vögeln verbreitet ist, lehren viele Erfahrungen auch an solchen Vögeln, welche durchaus nicht zur Articulation anzuleiten sind. Ich brauche nicht an den Dompfaffen zu erinnern! Es ist ja bekannt, wie sehr die Singvögel überhaupt, besonders so lange sie jung sind, ihren Schlag nach dem anderer Vögel zu modificiren wissen. Etwas der Art scheint aber auch bei den Säugethieren nicht vorzukommen, der Hund, das Pferd, das Schaf u. s. w. geben unveränderlich ihre angeborenen Töne von sich, und wenn der Hund durch den Schall einer Trompete zum Heulen gebracht wird, so hören wir dieselben Töne, wie sie der Schein des Vollmondes aus diesen Thieren hervorlockt.

Wir haben in Vorigem nur die von den luftathmenden Wirbelthieren producirten Töne berücksichtigt. Es rührt solches daher, daß diese Thiere, die ja in ihren Respirationsorganen einen sehr willkommenen Apparat für die Stimmbildung besitzen, unter den Vertebraten fast ausschließlich Töne von sich geben. Die Fische sind mit einigen sehr wenigen Ausnahmen (z. B. des Knurrhahns) stumm. Auf welche Weise diese wenigen Arten aber ihre Töne bilden, ist völlig unbekannt. Man denkt am ersten an eine besondere Einrichtung der Schwimmblase, und wirklich mag diese wohl in manchen Fällen zur Erzeugung der Töne dienen. Doch schwerlich in allen, wie daraus hervorgeht, daß dieselbe fehlen kann, ohne die Tonerzeugung unmöglich zu machen (Cottus). Was hier von den Fischen gesagt ist, gilt in gleicher Weise von den im Wasser athmenden wirbellosen Thieren. Sie sind ohne die Fähigkeit,

Töne hervorzubringen, und zwar, so viel wir bis jetzt wissen, alle, ohne Ausnahme. Nur unter den luftathmenden Evertebraten, namentlich den Insekten, finden wir einzelne mit solcher Fähigkeit begabte Geschöpfe. Wir wollen nicht versuchen, alle die einzelnen Gründe für solche Verschiedenheit hier aufzuführen. Nur darauf wollen wir hinweisen, daß der Aufenthalt auf dem Trockenen, wie er einerseits eine viel größere Manchfaltigkeit in den Lebensäußerungen und den Beziehungen der Geschöpfe von der umgebenden Natur zuläßt, so auch andrerseits die Entwicklung und Vollziehung der Instincte und Triebe, mögen diese die Erhaltung des individuellen Lebens oder der Art bezwecken, weit mehr begünstigt, als der Aufenthalt im Wasser. Und in diesem Verhältniß scheint denn auch jene angedeutete Verschiedenheit ihre teleologische Begründung zu finden.

Die Töne, die von den Insekten (an die sich in dieser Beziehung auch einige wenige Spinnen anschließen) hervorgebracht werden, entstehen in den bei weitem meisten Fällen dadurch, daß sich verschiedene harte Theile des Hautskelettes durch Muskelcontraction an einander reiben und dadurch in Schwingungen gerathen. Da eine beträchtliche Festigkeit des Skelettes zu diesem Behufe eine unerläßliche Bedingung ist, wird es erklärlich, warum die meisten zur Production von Tönen fähigen Insekten zu den Ordnungen der Käfer und Orthopteren gehören, nur wenige zu anderen Ordnungen, die einen minder festen Hautpanzer besitzen, warum auch die Insekten nur im ausgebildeten Zustande Töne produciren.

Bald sind es die beiden vorderen Ringe des Thorax, die aneinander gerieben werden, um einen Ton zu bilden, bald Abdomen und Flügeldecken oder sonst andere bewegliche Theile, die zu solchem Zwecke nicht selten noch mit besonderen vorspringenden Leisten und Zähnchen besetzt sind. So namentlich die Hinterschenkel der männlichen Acridier, die an der Außenfläche der Flügeldecken auf- und niedergestrichen werden, oder die Wurzel der einen Flügeldecke bei den männlichen Locustinen, über die der scharfe Innenrand der andern hinbewegt wird. Andere Insekten bedienen sich zur Tonerzeugung auch wohl fremder Gegenstände, an denen sie nagen oder anklopfen, wie namentlich der in manchen Gegenden unter dem Namen der Todtenuhr bekannte kleine Käfer (Annobium), der in alten hölzernen Geräthen und Möbeln häufig vorkommt.

Fig. 299.



Annobium
in natürlicher Größe und vergrößert.

Fig. 300.



Cicada.

Am seltensten und vielleicht nur bei den männlichen Singcicaden ist ein besonderer Stimmapparat entwickelt, der aber nach einem andern Principe gebaut ist, wie der Stimmapparat der Wirbelthiere, und namentlich mit dem Respirationsorgane in keinerlei unmittelbarer Verbindung steht. Bei den genannten Insekten findet sich nämlich an der Unterseite des ersten Hinterleibsringes jederseits eine geräumige Höhle, die äußerlich durch einen halbmondförmigen Deckel verschlossen wird und im innern eine trockene Haut, die sogenannte Trommelhaut, ausgespannt enthält, an welche sich die Sehne eines ansehnlichen kegelförmigen Muskels ansetzt. Bei der Contraction dieses Muskels wird die Trommelhaut nach Innen trichterförmig eingebogen, doch nur so lange die Contraction selbst währt. Sobald diese nachläßt, springt die elastische Membran in ihre ursprüngliche Lage zurück, und eben hierdurch wird dann ein Ton erzeugt, der durch die Resonanz der Umgebung an Stärke zunimmt.

II. Die Sinneswahrnehmungen und deren Organe.

Insofern wir die willkürliche Bewegung für einen allgemeinen Charakter der Thiere halten, können wir nicht umhin, auch die sinnliche Wahrnehmung als etwas den Thieren Gemeinsames anzusehen, denn ohne diese ist eine Willkürlichkeit der Bewegungen absurd. Allerdings aber sind wir bei vielen kleinen mikroskopischen Thieren darauf beschränkt, ihnen die sinnliche Wahrnehmung aus diesem allgemeinen Grunde zuzuschreiben: daß wir sie sich auf eine Weise bewegen sehen, welche, ein Wahrnehmen der Umgebung verrathend, als willkürlich erscheint. Die sinnliche Wahrnehmung, wie der Mensch sie an sich selbst kennt, wird dadurch möglich, daß manche den thierischen Körper betreffende Einwirkungen in demselben, namentlich in seinem Nervensysteme, eigenthümliche Wirkungen hervorbringen, die Nerven in verschiedene Zustände versetzen, und daß diese Zustände der empfindenden Theile oder Nerven wiederum eine große Manchfaltigkeit von Wirkungen auf den Sitz des Bewußtseyns hervorbringen: zur Vorstellung gelangen. Die höchst verschiedenartigen Einwirkungen, welche der Sitz des Bewußtseyns empfängt, theilen sich nach der Art, wie sie sich uns vorstellen, sehr natürlich in verschiedene Klassen, welche den allgemein angenommenen fünf Sinnen entsprechen.

Die Erregungen, welche wir Sehen, Hören, Riechen, Schmecken, Fühlen nennen, sind von einander für unsere Wahrnehmung ganz verschieden, keine Abstufung der Modificationen einer dieser Erregungen hat Aehnlichkeit mit einer der andern; es finden sich keine Uebergänge zwischen ihnen. Diese verschiedenen Erregungen unseres Centralorganes werden nun auch durch verschiedene Nerven hervorgebracht, das Sehen durch die beiden mit den Augen verbundenen Sehnerven, das Hören durch ein anderes Nervenpaar u. s. f., und es sind mit diesen Nervenpaaren auch solche Vorrichtungen, zum Theil sehr künstliche, zum Theil einfachere, verbunden, welche ihnen besondere Klassen von Einwirkungen vorzugsweise zuzuleiten, andere abzuhalten mehr oder weniger geeignet sind.

Betrachtet man die Einrichtung und Lage eines Auges, Ohres u. s. w., so könnte man zu der Vorstellung kommen, die Erregung des Sensorium, welche wir Lichtwahrnehmung nennen, beruhe in ihrer Eigenthümlichkeit darauf, daß eben durch das Auge dem Sehnerven nur Lichtwellen und nichts anderes, keinem andern Nerven dagegen Licht zugeführt werde.

Indessen ist es leicht, sich von der Unzulänglichkeit dieser Auffassung zu überzeugen. Es ist nicht bloß das Licht, welches durch den Sehnerven die Lichtwahrnehmung bewirkt, sondern jeder mechanische Reiz, Entzündungen, galvanische Ströme u. s. w., wenn sie auf den Sehnerven wirken, haben Lichtwahrnehmungen zur Folge, während dagegen das Licht, auch wenn es wirklich auf andere Nerven einwirkt, keine Erregung derselben hervorruft.*) Manche Agentien wirken auf verschiedene Sinnesnerven, und bedingen dadurch ganz verschiedene Wahrnehmungen: die beim Verbrennen des Schwefels sich bildende schwefelige Säure bewirkt auf allen Schleimhäuten, wohin sie gelangt, besonders aber im Kehlkopfe, Stechen Kitzel, während sie zugleich geschmeckt und gerochen wird; und wenn wir auch den Geruch eben sowohl wie den Geschmack als sauer bezeichnen, so ist doch das keine Bezeichnung für eine Gleichheit der Wahrnehmung, sondern der Ausdruck einer Abstraction. Wir wissen, daß bestimmte Gerüche und Geschmäcke einander begleiten, von denselben Objekten erregt wer-

*) Man hat die Behauptung aufgestellt, die Nerven der verschiedenen Sinne seien ursprünglich in ihrer Empfänglichkeit für verschiedene Agentien gleich, und es sei nur die äußere Ausstattung, z. B. des Sehnerven mit einem optischen Apparate, welche es bewirke, daß wir blos durch ihn Licht wahrnehmen, welches eben zu den anderen Nerven nicht gelange. Wenn wir aber das in unsere Haut eindringende Licht durch Epidermis, Lederhaut und Venenhäute noch von dem Venenblute reflectirt, durch alle diese Schichten rückwärts empfangen, so kann man nicht zweifeln, daß viel Licht zu den Nervenenden unter die Epidermis gelangt. Ein sogenannter Blindgeborner müßte durch die Haut hell und dunkel unterscheiden, wenn die Hautnerven vom Lichte bestimmt werden könnten.

den, und nennen sie darum mit gleichem Namen: sauer, faulig u. s. w. Somit löst sich also die scheinbar nothwendige Verknüpfung zwischen der Natur des Objektes, welches auf uns einwirkt, und der Form, in welcher wir es wahrnehmen, in ein zufälliges, willkürliches Verhältniß auf. Wenn wir sagen, daß wir Licht wahrnehmen, so ist das zunächst nur ein Urtheil über eine Erregung unseres Nervensystemes. Wir wissen aber, daß eben diese Erregung in der Regel durch das bestimmte Agens, Licht, erregt wird.

Es ist eine Aufgabe der Zukunft, zu ermitteln, in wiefern nun doch die einzelnen Glieder in der Vermittlung zwischen dem Bewußtseyn und seinem Objekte nothwendig gerade so und nicht anders beschaffen sind.

Vorläufig muß uns aber diese Betrachtung einige Vorsicht lehren, wenn wir uns Vorstellungen über die Sinne der Thiere machen wollen. Hüten wir uns, auf diese nicht mit zu großer Sicherheit zu übertragen, was wir von unseren eigenen sinnlichen Wahrnehmungen her kennen, was vielleicht auch überall nothwendig damit verbunden ist, ohne daß wir jedoch für jetzt diese Nothwendigkeit begriffen hätten, beweisen könnten.

Wir würden nicht im Stande seyn, die Behauptung zu widerlegen, wenn Jemand sie aufstellen möchte: daß bei irgend einer Thierklasse die Wahrnehmung von Licht und Farben so verschieden von der unsrigen wäre, wie etwa bei uns Gesichts- und Gehörsempfindung verschieden ist. Praktisch wichtiger für unsre vergleichende Darstellung, als solche, aller Anhaltspunkte entbehrende Zweifel, sind aber die Untersuchungen über die engeren oder weiteren Grenzen, innerhalb welcher die Thiere mittelst ihrer Sinneswerkzeuge die Außenwelt überall zu erkennen vermögen. Denn hier finden ohne Zweifel Verschiedenheiten Statt, sie lassen sich theils aus der Beschaffenheit der Sinneswerkzeuge, theils aus den Thätigkeiten der Thiere, theils auch aus ihren Bedürfnissen ermitteln. Fassen wir kurz zusammen, was sich über die Art und Weise der Vermittelung des Vorstellungsvermögens mit den Objekten durch die Sinne sagen läßt, so möchte das Folgendes seyn.

A. Theils aus dem Bau, theils aus der Lage der Sinneswerkzeuge, welche den Sinnesnerven zugegeben sind, geht es hervor, daß den verschiedenen Arten von Sinnesnerven vorzugsweise gewisse Arten von äußeren Einwirkungen zugeleitet, daß andere von ihnen abgehalten werden. Daraus ergibt sich der Begriff eines natürlichen Bereiches, eines Kreises normaler Objekte für jeden Sinn. (Adäquate Reize!)

Die Bereiche der verschiedenen Sinne liegen theils völlig nebeneinander, theils ist das Verhältniß eines Sinnes zu einem andern so, daß ein Theil der normalen Objekte des einen den ganzen Kreis des andern bildet. — Das erstere Verhältniß findet sich bei dem Gesichtssinn. Sein normales Objekt ist das Licht, mit welchem die übrigen Empfindungsnerven nichts zu thun haben, während jeder andere Reiz, wenn er auch die Sehnerven zu erregen vermag, doch als abnorm, nicht adäquat, bezeichnet werden muß, und zwar außer sonstigen Gründen schon deßhalb, weil es aus der Lagerung des Gesichtsnerven hervorgeht, daß mehr für die Abhaltung als Zuleitung irgend welcher sonstiger Reize gesorgt ist. Nach neueren Untersuchungen scheinen (bei höheren Thieren wenigstens) die durchsichtigen Theile des Auges selbst die strahlende Wärme abzuhalten.

Der zweite Fall findet sich bei den übrigen Sinnen, indem die Bereiche des Gehörs-, Geschmacks- und Geruchssinnes, unter einander völlig geschieden, doch sämmtlich in dem größern Bereiche des allgemeinen Fühl- oder Tastsinnes enthalten sind, ohne diesen jedoch zu erschöpfen. Es ist dieß Verhältniß folgendermaßen genauer zu bestimmen.

Die Nerven des Tastsinnes finden sich verbreitet unter der äußern Haut und den Häuten der Eingänge zu inneren Höhlen bis zu einer gewissen Tiefe. Bei dem Menschen können wir der Ausbreitung dieses Sinnes, außer der äußern Haut, die Eingänge der Geschlechts-, Respirations- und Verdauungswerkzeuge zuschreiben. Derselbe herrscht unzweifelhaft in Mund, Nase, Stimmritze. Weiter in die Tiefe wird das Gefühl dunkel und es bedarf besonderer Erregungen, damit die Zustände z. B. des Darmkanales als Schmerz und dergl. zum Bewußt-

seyn kommen. *) Der gewöhnlichen Angabe nach liegt nun die Funktion der an diesen Hautflächen verbreiteten Sinnesnerven in der Wahrnehmung mechanischer Eindrücke und der Temperaturverschiedenheiten.

Insofern das den Bereich der Gefühlsnerven ausmachte, würde der adäquate Reiz des Gehörssinnes innerhalb eben dieser Sphäre einen kleinen Bezirk ausmachen. Denn der Gehörssinn nimmt ebenfalls normal mechanische Eindrücke wahr und nichts als mechanische Eindrücke. Dieselbe Erschütterung der Luft, welche bei hinreichender Stärke von unseren Gefühlsnerven wahrgenommen wird, auch sonst bedeutende mechanische Effecte hervorbringt, Fensterscheiben zersprengt u. s. w., eben dieselbe ist auch der normale Reiz der Gehörnerven und wird ihnen durch einen kunstvollen Apparat zugeleitet. Viele andere mechanische Anregungen aber und alle thermischen Einflüsse liegen außerhalb der Sphäre des Gehörs- sowie jedes Sinnes außer dem Gefühlssinne.

Indessen müssen wir, was von der Physiologie gewöhnlich vernachlässigt wird, darauf aufmerksam machen, daß mit den mechanischen und den Wärmeeinwirkungen der Bereich des Gefühlssinnes noch durchaus nicht erschöpft ist. Gasförmige und flüssige Substanzen wirken auf denselben nicht bloß in Gemäßheit ihrer Temperatur, Dichtigkeit, Bewegung, sondern auch durch inhärirende Eigenschaften, welche mit denen übereinkommen mögen, welche auf Geschmacks- und Geruchssinn wirken. Wenigstens können wir von den Gefühlsnerven ebensowohl, wie es von Geschmacks- und Geruchsnerven gewöhnlich gesagt wird, behaupten, daß sie durch die *chemische Qualität* der flüssigen und gasförmigen Agentien erregt werden.

Daß dieß gewöhnlich bei der Behandlung der menschlichen Physiologie ignorirt wird oder sehr in den Hintergrund tritt, wenn von dem Gefühlssinne die Rede ist, rührt daher, daß jene Qualitäten flüssiger und gasiger Stoffe nicht zur Einwirkung auf die Nerven kommen können, ohne die epidermatische Schicht zu durchdringen, welche die schützende Hülle der feinsten Nervenenden bildet. Die trockene Oberhaut des Menschen (und vieler an der Luft lebender Thiere) ist eher darauf berechnet, chemische Agentien, wie ein Firniß, vom Körper abzuhalten, als sie zuzulassen; sie setzt ihnen einen nicht geringen Widerstand entgegen. Dennoch fühlt man bei Berührung zarter Hautstellen mit Spiritus, Senföl, geriebenem Meerrettig u. s. w. alsbald Brennen. — Wir können hiernach wohl sagen, daß diese in der chemischen Qualität der Stoffe begründeten Einwirkungen nicht zu den adäquaten Reizen der unter trockener Epidermis gelagerten Gefühlsnerven gehören. Das gilt aber nicht mehr, sobald diese Nerven von einer feuchten Oberhaut, einem Epithelium, überzogen sind.

Deßhalb erfüllt dieser Theil des Gefühlssinnes seine wichtige Rolle erst an gewissen mit feinem Gefühl begabten Stellen der Schleimhäute, wo das feuchte Epithelium ein Hindurchdringen so erleichtert, daß selbst Gase lebhafte Gefühle erregen. Die Schleimhäute der Nase und des Mundes besitzen neben ihren eigenthümlichen Sinnesnerven auch reichlich die des gemeinen Gefühls, und es herrschen diese in einem großen Theile vor. Es sind ganz ohne Zweifel viele der Sinneswahrnehmungen, welche wir als scharfen, brennenden u. s. w. Geschmack oder Geruch bezeichnen, sehr wesentlich zusammengesetzt aus Geschmack oder Geruch einerseits und Gefühl andererseits. Man hat ja auch diesen Umstand sehr wohl gewürdigt bei gewissen Versuchen über Vorhandenseyn des Geschmacks- und Geruchssinnes. Man weiß, daß z. B. ein des Geruchssinnes beraubtes Thier doch dem Einathmen einer

*) Man hat wohl behauptet, daß die Unterschiede der Empfindlichkeit der innern Darm- und der äußern Körperfläche unwesentlich seyen. Daß wir nicht die Anfüllung und Leere, so wie die Bewegungen der einzelnen Darmpartieen stets fühlen, daß wir bei normalem Zustande *unsere Eingeweide gar nicht fühlen*, soll von dem steten gleichmäßigen Geschehen jener Vorgänge herrühren, durch welche das Gefühl abgestumpft sey. Dergleichen Abstumpfung des Gefühls kommt aber an der Haut durchaus nicht vor, außer etwa daß dieselbe schwielig wird, wovon hier nicht die Rede seyn kann.

Luft sich zu entziehen sucht, welch Aetzammoniak enthält u. s. w. Auch die feuchte Oberfläche der Augen ist bekanntlich empfindlich gegen scharfe Gase u. s. w. Die wichtigste Verwendung dieser Empfindlichkeit dürfte aber wohl im Kehlkopfe stattfinden, welcher gleichsam als Wächter der Lungen dasteht und bei Einathmung mancher schädlicher Gase theils sich krampfhaft schließt, theils in Folge des erlittenen Reizes heftige Hustenbewegungen hervorruft.

Die Fähigkeit der Gefühlsnerven, dergleichen Einflüsse wahrzunehmen, darf besonders in einer vergleichenden Physiologie nicht unberücksichtigt bleiben, da so viele mit feuchter Oberhaut versehene Thiere leicht in bedeutenderem Umfange Gebrauch davon machen dürften. Hiernach sind also auch die adäquaten Reize des Geschmackes und Geruches gleichsam Provinzen in dem Bereiche des Gemeingefühles. Aber jeder dieser gewissermaßen untergeordneten Sinne ist in seinem Bereiche weit empfindlicher, als der Gefühlssinn. Die zarten Schallschwingungen ebensowohl, als eine Menge von bestimmt schmeckbaren und riechbaren Stoffen wirken auf das Gemeingefühl nicht mehr ein. Ferner sind die Wahrnehmungen des Gefühlssinnes, durch Objecte erregt, welche auch dem Bereiche eines der drei anderen Sinne angehören, höchst einförmig: stets das Gefühl von Kitzel, Brennen, Schmerz u. s. w. bei den verschiedensten einwirkenden Substanzen, während jene Sinne, jeder in seiner Provinz, eine große Manchfaltigkeit von Zuständen durchlaufen.

Dieß dient zur Bezeichnung einerseits der verschiedenen Einwirkungen, welche der Körper durch seine Sinne wahrnimmt, andererseits zur Feststellung der Geschäftstheilung der verschiedenen Sinne.

Dazu kommt nun

B. der schon oben erwähnte Umstand, daß die Zustände der verschiedenen Sinnesnerven, wie sie zum Bewußtseyn kommen,*) keine Aehnlichkeit unter einander haben.

Dadurch entsteht eine große Manchfaltigkeit der Eindrücke, welche wir empfangen, und da sie der Manchfaltigkeit der Objecte im Allgemeinen angemessen sind, die Möglichkeit, die uns umgebenden Objecte von sehr verschiedenen Seiten kennen zu lernen.

Der Gesammtbereich von Einwirkungen, welchen die Sinneswerkzeuge zugänglich sind, ist aber nicht für alle Thiere derselbe. Er kann für ein Thier überall eingeschränkter seyn, als für ein anderes, er kann auch nach einer Richtung hin ausgedehnter seyn, während er nach einer andern sich eingeschränkter zeigt. Diese verschiedene Umgränzung des Sinnesbereiches der Thiere tritt am stärksten darin hervor, daß sie offenbar zum großen Theile nicht die volle Zahl der fünf Sinne besitzen, welche den höheren Wirbelthieren sehr regelmäßig zukommen. In untergeordneter Weise äußert sich diese Verschiedenheit in der verschiedenen entweder anatomisch erkennbaren oder durch Beobachtung nachzuweisenden Einrichtung und Vollkommenheit der vorhandenen Organe. Jedoch werden wir zu bemerken haben, daß die verschiedene Vollkommenheit der Organe nicht nothwendig immer von einer verschiedenen Vollkommenheit der Function begleitet zu seyn braucht. Die Gehörwerkzeuge sind ein augenfälliges Beispiel. Sie bedürfen einen vollkommeneren Zuleitungsapparat für die Schallwellen, wenn das Thier durch seine Lebensweise angewiesen ist, sie aus der Luft aufzufangen, als wenn es dieselben aus dem Wasser oder dem festen Boden an die Theile seines Körpers übergehen läßt. Also werden die Gehörorgane der Luftthiere erst durch eine künstlichere Bildung des Zuleitungsapparates fähig, dem Thiere eben so viel zu leisten, als ein einfacherer Apparat einem Wasserthiere.

Wir betrachten zunächst noch im Allgemeinen die Frage nach dem Vorhandenseyn oder Fehlen dieser oder jener Sinneswerkzeuge bei den verschiedenen Thieren, namentlich die Mittel, welche wir besitzen, diese Frage zu entscheiden. Dann werden die einzelnen Sinne

*) Ich lasse es hier zweifelhaft, ob die Ursache dieser Verschiedenheit in den Sinnesnerven oder in den Provinzen der Centraltheile liege, mit welchen sich die verschiedenen Sinnesnerven verbinden. Beides ist bis jetzt denkbar. Mich wenigstens haben bis jetzt die Gründe für und wider, welche man über diese Frage vorgebracht hat, nicht überzeugen können.

zur Sprache kommen in Beziehung auf die Manchfaltigkeit ihrer Zustände und die möglichen oder wahrscheinlichen Unterschiede verschiedener Thiere in dieser Hinsicht.

Die Zahl der Sinne der Thiere übersteigt wahrscheinlich bei keinem Thiere die Fünfzahl.*) Dagegen haben wir guten Grund anzunehmen, daß sie oft geringer ist, und es mag viele Thiere geben, welche nur fühlen.

Der Gesichtssinn verlangt in dieser Hinsicht eine abgesonderte Besprechung. Derselbe setzt, insofern das Sehen nicht bloßes Unterscheiden von Hell und Dunkel seyn soll, einen optischen Apparat von einer gewissen Zusammensetzung voraus. Dieser findet sich höchst wahrscheinlich bei sehr vielen Thieren nicht, und dann haben wir keinen anatomischen Grund mehr, ihnen den Gesichtssinn zuzuschreiben. Gegen die Annahme einer Fähigkeit, zu sehen, oder selbst auch nur Hell und Dunkel zu unterscheiden, spricht bei vielen Thieren, deren Augen noch nicht haben nachgewiesen werden können, noch außerdem der Umstand, daß sie ihren ganzen oder einen bedeutenden Theil ihres Lebenskreises in Umgebungen beschließen, in welche kein Lichtstrahl zu dringen vermag. Es ist hier an die Eingeweidewürmer zu erinnern. Insofern manche derselben in sehr kleinen Thieren leben, mag freilich die Dicke der Schichten thierischer Substanz, durch welche sie von der freien Luft abgeschieden sind, nicht hinreichen, alles Licht von ihnen abzuhalten. Wir sehen ja mit dem Mikroskop in

*) Die Ansichten, welche hie und da über irgend einen weitern Sinn ausgesprochen sind, haben nur historischen Werth. Zu läugnen ist es nicht, daß wir bei Thieren einzelne Thätigkeiten bemerken, welche auf sinnlichen Wahrnehmungen beruhen müssen, von welchen wir keine Vorstellung haben. Wir zählen dahin namentlich das auffallende Vermögen mancher Thiere, sich auf weite Strecken zu Orten zurückzufinden, von welchen sie entfernt worden sind, ein Vermögen, welches um so auffallender wird, wenn die Thiere nicht denselben Weg zurücknehmen, den sie gekommen sind, sondern einen nähern einschlagen, wie das Haygarth von den Rindern Australiens in seinen Schilderungen des dortigen Buschlebens berichtet. Doch liegt da immer noch die Annahme einer besondern Steigerung eines bekannten Sinnes mindestens so nahe, als die eines neuen. Wollte man zu letzterer Annahme greifen, so würde man doch weder die Art dieses Sinnes noch ein Organ für denselben bezeichnen können. Aehnlich verhält es sich mit der auffallenden Empfindlichkeit vieler Thiere, namentlich der Spinnen, gegen die Zustände der Witterung, die diese Geschöpfe schon seit langer Zeit als Wetterpropheten berühmt gemacht hat. Auch hier können wir nichts Anderes sehen, als die Steigerung eines bekannten, und noch dazu ganz allgemein verbreiteten Sinnes, des Gefühlssinnes, der ja auch schon bei dem Menschen, wie erwähnt ist, für bestimmte atmosphärische Verhältnisse, für die thermischen, leicht zugänglich ist. Bei jenen Thieren aber sind es, wie es scheint, viel weniger diese Verhältnisse, als vielmehr die hygroskopischen, welche einen Eindruck auf den Gefühlssinn in einer Weise auszuüben im Stande sind, von der wir höchstens bei bestimmten krankhaften Zuständen des Menschen eine Andeutung finden. So ist es z. B. bekannt, daß bei bevorstehendem Regen Narben schmerzhaft werden u. s. w. Was wir hier in einzelnen pathologisch veränderten Gebilden wahrnehmen, mag bei jenen Thieren durch die normale Organisation bedingt seyn. Es bedarf nur eines Blickes auf den Körper der Spinne, um einzusehen, daß die langen, dünnen und verhältnißmäßig nur von wenig Feuchtigkeit durchdrungenen Beine leicht sehr empfindliche Hygroskope seyn können, deren Veränderungen dann natürlich percipirt werden. Beim Laubfrosch scheint dagegen die ganze äußere Körperfläche in gleicher Weise für derartige Eindrücke empfänglich zu seyn. Weit dunkler und wunderbarer scheint ein solches Vermögen, wenn wir es, wie in einigen Fällen, bei Wasserthieren (Cobitis fossilis u. s. w.) antreffen. Doch ist es die Frage, ob hier die Veränderungen der Atmosphäre direkt empfunden werden, oder nicht vielmehr durch anderweitige Erscheinungen und Vorgänge, die vielleicht weniger durch das Gefühl, als durch das Gesicht u. s. w. zum Bewußtsein gelangen. Jedenfalls dürfen wir nicht außer Acht lassen, daß derartige Wahrnehmungen, wie sie uns zur Annahme einer solchen direkten Sinnesempfindung zu berechtigen scheinen, häufig mit anderen verschiedenen Verhältnissen im Zusammenhang stehen, mit dem Vorkommen und der Beschaffenheit der Nahrung u. s. w. Andererseits aber dürfen wir auch nicht vergessen, daß in manchen Fällen die zweckmäßige Congruenz der Triebe bei vielen Thieren sehr beschränkt seyn würde, wenn sie eben nicht durch ihre Organisation zu einer weiteren und umfassenderen Kenntnißnahme der atmosphärischen u. a. Verhältnisse befähigt wären.

unverletzten Thieren die Entozoen! In die inneren Höhlen der größeren Thiere dringt aber kein Licht mehr ein und es darf daher von ihren Bewohnern wohl angenommen werden, daß sie des Gesichtssinnes vollständig entbehren. Das negative Resultat, daß man bei solchen Thieren bis jetzt keine Augen gefunden hat, gewinnt durch diese physiologische Betrachtung an Gewicht. Es ist kein Grund da, anzunehmen, daß man diese Augen etwa noch finden könnte. Beachtenswerth ist es schon in Beziehung auf diese allgemeinere Frage, daß gewisse Thiere, deren Augen noch wohl nachzuweisen sind, doch dieselben so tief im Körper unter Haut und selbst unter Muskeln verborgen tragen, daß sie gewiß nur noch Hell und Dunkel mittelst derselben zu unterscheiden vermögen. In dem Aufenthalt und der Lebensweise dieser Geschöpfe mag solche Einrichtung gewiß in allen Fällen ihre teleologische Erklärung finden. Ein Sehen von bestimmten Bildern ist jenen Thieren nicht nöthig.

Ein Aehnliches finden wir auch sonst wohl nicht selten. Wenn in den verschiedenen Stadien der Entwicklung, während der Metamorphose, bei einem Thiere die Lebensart und die Relation zu der Außenwelt sich ändert, dann geschieht es gar häufig, daß in entsprechender Weise auch die optischen Apparate eine Umformung erleiden. Wir kennen eine große Anzahl niederer Thiere namentlich aus der Classe der Crustaceen (Schmarotzerkrebse u. s. w.), die in der ersten Zeit ihres Lebens frei sich bewegen, später aber sich festsetzen und ihre Locomotionsapparate verlieren. Im letzteren Zustande sind diese Geschöpfe augenlos, während sie anfangs, so lange sie das Locomotionsvermögen besaßen, mit optischen Werkzeugen ausgerüstet waren, die sie dann in den Stand setzten, in weitem Umfange, wie es die Lebensweise erheischte, von den Außendingen Kenntniß zu nehmen. Irrthümlich aber ist es, was man wohl bisweilen annimmt, daß beständig die freie Locomotion die Anwesenheit der Augen nothwendig mache. Sind auch derartige Gebilde bei einem festsitzenden Thiere mit Bestimmtheit bisher noch nirgends nachgewiesen worden, so gibt es doch andererseits eine Menge von Thieren, die trotz der freien Beweglichkeit des Gesichtssinnes entbehren. Es kommt eben immer die specielle Art der Bewegung in Betracht, wie wir unten aus zahlreichen Beispielen leicht ersehen werden.

Die Augen sind auch keineswegs am weitesten von den specifischen Sinnesorganen verbreitet — wir kennen ganze Abtheilungen des Thierreiches, denen sie abgehen, ohne daß deßhalb zugleich die anderen Sinnesapparate zu fehlen brauchten.

Was übrigens diese letzteren betrifft, so kann man bei ihnen bis jetzt nicht mit gleicher Bestimmtheit, wie bei den Augen, nach einem vorhandenen oder fehlenden künstlichen Apparate auf das Vorhandenseyn oder Fehlen der entsprechenden Sinnesempfindung zurückschließen.

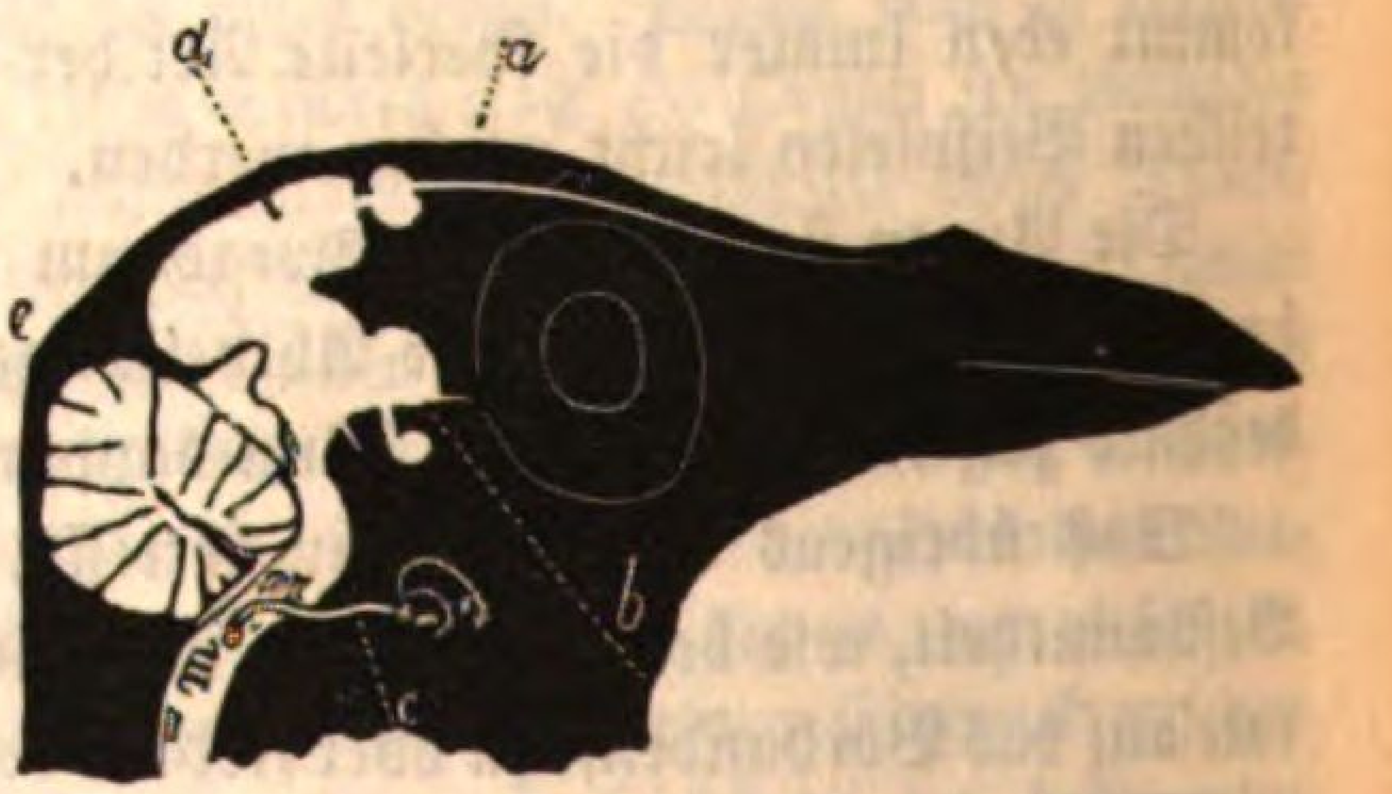
Selbst das Gehörorgan, bei höheren Thieren künstlich gebildet, kann auch weit einfacher ausgerüstet seyn, ohne daß wir darum eine mindere Vollkommenheit der Funktion nachzuweisen vermöchten. Ja es ist bis jetzt nicht wissenschaftlich zu läugnen, daß den Bedingungen eines Gehörorganes schon Genüge geleistet sey, wenn sich nur ein Gehörnerv an der Haut oder sonstwo ausbreitet, wo ihm Schallwellen zukommen. Daß in gleicher Weise aber auch die anatomischen Bedingungen des Geschmackes und Geruches sehr einfach seyn können, fällt noch mehr in die Augen. So könnten also, auch ohne daß besondere anatomische Vorrichtungen nachweisbar wären, die drei genannten Sinne sehr allgemein verbreitet seyn. Will man aber ihr Vorhandenseyn über diesen allerschwächsten Grad der Wahrscheinlichkeit erheben, so muß das entweder durch physiologische oder anatomische Beobachtung geschehen. Die Erfahrung lehrt z. B. namentlich von Insekten, daß sie ihre Nahrung unter Umständen häufig auffinden, welche nur die Annahme zulassen, daß sie durch den Geruchssinn dahin geleitet wurden. Sie werden gelockt und werden vertrieben durch manche starkriechende Substanzen u. s. w. Dagegen ist der Sitz des Geruchsinnes höchstens mit Wahrscheinlichkeit bei gewissen Insekten festzustellen, die anatomische Untersuchung ist im Rückstande. Ebenso können wir auch durch physiologische Erfahrung von manchen Thieren das Vorhandenseyn des Gehörsinnes wahrscheinlich finden, während wir dessen Sitz noch nicht bei allen kennen, von welchen

wir solche Erfahrungen besitzen. Versuche über das Vorhandenseyn des Gehörorganes werden um so beweisender seyn, wenn sie mit schwachen Geräuschen angestellt sind, da sehr starke Schallschwingungen immer den Verdacht erregen können, daß sie gefühlt worden sind, und daß der Einfluß auf das Benehmen des Thieres, welchen man etwa wahrgenommen hat, auf diese Weise zu erklären sey. Ja wir dürfen uns nicht die Möglichkeit verhehlen, daß ein feiner Gefühlssinn, localisirt in Organen, deren Bildung es erleichtert, daß Schallschwingungen den Nerven zugeführt werden, den Gehörssinn in hohem Maaße würde ersetzen können. Wenn Thiere mit Stimmen begabt sind, so wird man, abgesehen von dem eben angeregten Zweifel, um so mehr annehmen dürfen, daß sie diese Stimme auch zu hören vermögen. Man vergl. darüber, was unten von den Orthopteren beigebracht werden wird.

Ueber das Vorhandenseyn des Geschmackssinnes läßt sich aus unmittelbarer physiologischer Beobachtung nur von wenigen Thieren, namentlich den höheren, etwas Positives sagen. Ein Grund gegen die Annahme dieses Sinnes möchte in manchen Fällen in der Art der Nahrung liegen. Ich will hier die ächten Schlangen anführen. Ein solches Thier sucht seine lebende Beute, stürzt sich darauf, beißt sich nach einigen vorgängigen Operationen ein, und würgt sie dann im Ganzen herunter. Hiebei möchte der Geschmackssinn sehr überflüssig seyn. Fände das Thier, nachdem es seine Zähne einmal eingesetzt, oder gar nachdem es seine Beute schon theilweise in sich gezogen hat, etwas Uebelschmeckendes daran, so würde es doch wohl kaum umhin können, die ganze einmal angefangene Operation zu vollenden. (Vergleiche was oben über das Schlingen der Schlangen gesagt ist.*)

Anatomische Gründe für oder gegen das Vorhandenseyn eines Sinnes können wir verschiedene haben. Es ist hier zunächst ein großer Unterschied, ob uns morphologische Verhältnisse in einem besonderen Falle unterstützen oder nicht. Kennen wir bei einem thierischen Typus, wie bei dem der Wirbelthiere, einmal den Ort, an welchem die bestimmten Sinneswerkzeuge zu finden sind, falls sie nicht überhaupt fehlen, so ist natürlich die Aufsuchung und Entscheidung über das Vorhandenseyn sehr erleichtert. Bei den Wirbelthieren behaupten auch die Nerven des Geruchs-, Gesichts- und Gehörssinnes so kenntlich bestimmte Ursprungsstellen am Gehirne, daß wir aus dem Fehlen eines solchen Nervenpaares die Abwesenheit des Sinnes mit Sicherheit folgern können. Auf diese Weise hat man namentlich den Delphinen den Geruchssinn absprechen dürfen. Etwas Anderes ist es, wenn wir ein Sinnesorgan aufsuchen wollen bei einem Thiere aus einer Abtheilung des Thierreiches, in welcher keine Erfahrung bis dahin den Ort angibt, wo man zu suchen habe. Bei den Gliederthieren z. B. ist die gesammte Anordnung der Organe wesentlich verschieden von derjenigen der Wirbelthiere. Was man bei ihnen Kopf nennt, ist nicht in demselben Sinne Kopf, wie bei den Wirbelthieren, wir sind nicht berechtigt, an diesem sogenannten Kopfe dieselben Sinnesorgane zu suchen, welche der Kopf der Wirbelthiere beherbergt. Wenn Joh. Müller aussprach, daß man das Gehörorgan der Insekten vielleicht deßhalb nicht gefunden habe, weil man es am Kopfe gesucht, so war das ein Resultat richtiger, auf morphologische Einsicht gegründeter Skepsis und ist durch Untersuchung, namentlich die Entdeckung von Siebold's bei den Orthopteren, auf das Schärfste bestätigt. — Es ist aber auch nicht zu behaupten, daß in jedem thierischen Typus die Lagerung der Sinnesorgane eben so constant durch alle Formen seyn muß, wie wir es bei den Wirbelthieren kennen. Einen Beleg für das Gegentheil geben

Fig. 301.



Durchschnitt vom Kopf einer Krähe.

a Riechnerv; *b* Sehnerv; *c* Hörnerv; *d* großes, *e* kleines Gehirn.

*) Die oben ausgesprochene Ansicht scheint durch eine neuere Nachricht aus England: daß eine Schlange eine wollene Decke hinabgewürgt habe, bestätigt zu seyn.

gerade auch die eben erwähnten Orthopteren; bei einigen Gattungen liegt das Gehörorgan in den Vorderbeinen, bei anderen im Rumpfe.

Die Gründe, welche uns, abgesehen von dem morphologischen Ariadnefaden leiten können, sind aus der Anatomie, Form und Lagerung der fraglichen Organe und aus den Nerven herzunehmen. Der Bau kann uns nicht selten mit großer Sicherheit leiten. Das ist namentlich der Fall, wenn eine gewisse Sinnesfunktion einen complicirten Apparat voraussetzt, dessen Nothwendigkeit wir einsehen. Daher gilt das besonders von den Augen, welche wir mit großer Sicherheit bei vielen Thieren erkennen. Weniger ist es der Fall in Beziehung auf die Gehörorgane. Wir kennen manche sehr vereinfachte Organe, welche wir mit mehr oder weniger Wahrscheinlichkeit als Gehörorgane bezeichnen. Möglicherweise können solche, wie schon angeführt ist, aber noch einfacher gebildet seyn. Von Einfluß auf die Entscheidung, daß ein bestimmtes Organ ein Gehörorgan sey, ist es oft gewesen, daß man darin kalkige Concremente als Gehörsand oder Gehörsteine vorgefunden. Man läßt sich dadurch leiten, daß man Aehnliches in fast allen unzweifelhaften Gehörorganen kennt. Ein gewisses Recht hat man hierin auch ohne Zweifel, aber es ist klar, daß ein solcher Gehörsand uns weit weniger sicher führen kann, als, wo es sich um ein Auge handelt, das Vorhandenseyn von gewissen lichtbrechenden Theilen: die Funktion der letzteren sehen wir ein, die des Gehörsandes aber nicht.

Wenig Sicherheit ist über das Vorhandenseyn von Geruchsorganen aus der anatomischen Beschaffenheit derselben zu gewinnen. Indessen werden gewisse Vertiefungen an der Oberfläche mancher wirbellosen Thiere mit einigem Grunde dahin gedeutet. Eine mit weicher, nervenreicher Haut ausgekleidete Vertiefung kann, besonders wenn sie bedeutend in die Oberfläche des Körpers versenkt ist, nicht gut oder gar nicht als Tastorgan gedeutet werden, es kann auch durch besondere Umstände jede andere Deutung weniger wahrscheinlich seyn, als die eines Geruchsorganes. — Als wesentliche Bedingung der Geruchs= wie der Geschmackswerkzeuge hat man es anzusehen, daß die Nerven derselben sich unter einer feuchten Oberhaut ausbreiten, da nur durch eine solche das Riechbare und Schmeckbare zu den Nerven gelangt. Eine trockene Epidermis, wie die des menschlichen Körpers, setzt gewiß dem Hindurchdringen gasartiger und tropfbarer Stoffe ein bedeutendes Hinderniß entgegen. Indessen ist auch diese nicht absolut trocken und kein absolutes Hinderniß. Auch ist nicht nöthig, daß die fragliche Membran gerade sichtbar mit Feuchtigkeit äußerlich überzogen sey. Sie muß davon aber durchdrungen seyn. So ist es z. B. nicht so undenkbar, als Einige annehmen, daß der Geruchssinn der Coleopteren seinen Sitz in den Antennen habe. Der Chitinüberzug der Insekten ist ja nicht trocken! Das lehrt hinreichend der Unterschied der Starrheit z. B. der Beine eines eben getödteten und eines vertrockneten Insektes. Die zarten Häute in den Gelenkverbindungen sind nur durch ihre Feuchtigkeit biegsam. Die Untersuchung der Nerven eines solchen Organes kann uns in unserem Schlusse bestärken. Wenn es Nerven erhält, welche von einem centralen Ganglion direkt entspringen und ohne Abgabe anderer Aeste nur zu dem fraglichen Organe treten, so ist das ein Grund mehr, ein besonderes Sinnesorgan darin zu vermuthen, weil wir wissen, daß viele Sinnesnerven eben in dieser isolirten Weise auftreten. Keineswegs jedoch ist das entgegengesetzte Verhalten des Nerven ein Beweis für das Gegentheil. Es können ja wohl die Nervenfasern eines besonderen Sinnes mit anderen in einer Scheide liegen. Schon der Geschmacksnerve der Wirbelthiere bietet ein Beispiel davon dar, indem seine Fasern mit anderen eine Strecke weit in einer Scheide verlaufen. Von großer Wichtigkeit ist denn auch die Stellung der fraglichen Organe am Körper, ihre Beziehung zu beweglichen Theilen, Verbindung mit denselben u. s. w. Wir können namentlich nicht im Zweifel seyn, wo wir ein Geschmacksorgan zu suchen haben. Wir müssen ferner annehmen, daß die Augen stets eine solche Stellung am Körper haben, welche ihrer Beziehung zu den Bewegungen des Thieres angemessen ist, so daß sie denselben zur Leitung dienen können. Als Geruchsorgan werden wir ein bestimmtes

Gebilde um so eher ansehen dürfen, wenn es so angebracht ist, daß eine lebhafte Strömung des Wassers oder der Luft, worin das Thier lebt, die Empfindungsfläche desselben bestreicht. Als Tastorgane werden wir besonders solche bezeichnen, welche durch Beweglichkeit im Stande sind, in verschiedenen Richtungen nach äußeren Objekten sich zu strecken, dieselben in verschiedener Weise zu berühren, zu handhaben u. s. w. Tast- und Greiforgane sind gewöhnlich mehr oder weniger innig verbunden, haben somit auch eine Beziehung zum Maule, zur Nahrungsaufnahme u. s. w.

Die einzelnen Sinne.

Tastsinn. Er beruht auf der Einwirkung mechanischer, thermischer und chemischer Einflüsse auf die Gefühlsnerven. An gewissen Stellen ist er mehr für die einen, an anderen mehr für andere Einflüsse bestimmt. Die Nerven müssen deßhalb entweder unter einer dünnen und namentlich auch biegsamen Decke an den Flächen des Körpers sich ausbreiten, oder es muß dieselbe selbst feucht sein (Stimmritze) oder es kann, wo es hauptsächlich nur auf mechanische Untersuchung von Objekten ankommt, auch das Princip der Spürhaare angewandt seyn: Haare, Borsten oder ähnliche linear ausgedehnte Gebilde sind der Haut eingepflanzt und an ihrer Wurzel mit Gefühlsnerven umgeben, welche jede Berührung des Haares wahrnehmen. Auch die Zähne verdienen als solche Tastwerkzeuge erwähnt zu werden. Erhöht wird die Brauchbarkeit eines solchen Apparates durch die Fähigkeit willkürlicher Bewegung, wie sie den Tasthaaren zukommt. Noch weit vollkommener ist aber die Leistung eines Tastorganes natürlich, wenn es nicht bloß beweglich, sondern zum Umschließen eingerichtet ist, sich den Objekten anschmiegen kann. Daher das Höchste durch Vereinigung der Tast- und Greiffähigkeit, wie in der menschlichen Hand, geleistet wird. Wo die Haut unmittelbar als Tastorgan dient, kann eine einigermaßen feste Hinterlage desselben (wie an den Endgliedern der menschlichen Finger namentlich der Knochen im Innern und der Nagel sie gewähren) sehr nützlich seyn. — Das Gefühl der Thiere gegen die **Wärme** ist ohne Zweifel nach ihren Bedürfnissen ein verschiedenes. Es ist wenig wahrscheinlich, daß Thiere, in deren Bestimmung es liegt, durch Kälte zu erstarren, in Winterschlaf zu verfallen, eben so schmerzlich von tiefen Temperaturgraden ergriffen werden, als Thiere, welche sich diesen entziehen müssen, wenn sie nicht zu Grunde gehen wollen. Ein gewisses Gefühl für Wärme haben aber jene Thiere ohne Zweifel auch. Sie suchen den Sonnenschein, den warmen Ofen u. s. w. Natürlich erscheinen auch verschiedenen Thieren ganz verschiedene Temperaturen als angenehm. Manche Thiere sind ja darauf angewiesen, ihr Leben bei sehr geringen Schwankungen der äußeren Temperatur hinzubringen. Haben diese überhaupt ein Gefühl für Wärme, so wird ihnen nur eben diese Normaltemperatur angenehm seyn. Die **Feinheit des Tastens**, in Bezug zu den mechanischen Eigenschaften von Objekten, ist eben so nothwendig bei verschiedenen Thieren sehr verschieden. Man weiß aus genauen Untersuchungen an der menschlichen Haut, daß wir an den feinstfühlenden Theilen derselben doch zwei ähnliche Eindrücke (die Berührung von zwei Spitzen eines Zirkels) nicht mehr als zwei zu unterscheiden vermögen, wenn die Entfernung der berührten Hautstellen merklich weniger als 1/2''' beträgt. Da nun im Allgemeinen, je kleiner ein Thier ist, um so kleiner auch alle räumlichen Verhält- hältnisse sind, welche Wichtigkeit für seine Existenz haben, so versteht es sich von selbst, daß das Vermögen einer solchen räumlichen Unterscheidung viel feiner muß ausfallen können, wenn es Werth für kleinere Thiere haben soll. Dieß bestätigt sich denn auch bei Untersuchung mancher Tastwerkzeuge. Denn gewiß müssen wir die mikroskopischen Größen und gegenseitigen Entfernungen der ohne Zweifel zum Tasten bestimmten kleinen Hervorragungen hierauf beziehen, welche z. B. an den Tastflächen der Palpen bei Käfern, an den Antennen der Bienen, an den krallenförmigen Endgliedern der Beine bei den Araneen sich finden. Bei den letztern haben sie eine auffallend regelmäßige Anordnung, ungefähr wie die Zähne eines Kammes.

Welche Feinheit der Unterscheidung aber in dem Tastsinne dieser Thiere gegeben seyn muß, leuchtet aus der Feinheit ihrer bekannten, lediglich unter Leitung des Getastes hervorgebrachten Webermeisterstücke ein. Eben so selbstverständlich ist die Nothwendigkeit einer ungemeinen Feinheit des Getastes bei Thieren von mikroskopischen Dimensionen. — Wie wir uns die verschiedenen Grade des Unterscheidungsvermögens aus der Vertheilung einer größern oder geringern Menge von Nervenfasern an eine Tastfläche begreiflich machen können, davon bei Gelegenheit des Nervensystems.

Als besondere Organe des Getastes finden wir bei den Wirbelthieren sehr gewöhnlich die Extremitäten, Lippe, Zunge, Nase (Rüssel) ausgebildet. Die eigentlichen Extremitäten sind dazu aber in sehr verschiedenem Grade tauglich und namentlich um so weniger, je mehr sie einerseits mit einer dicken Horndecke versehen und je mehr sie andrerseits in Form und Beweglichkeit vereinfacht sind, so daß sie sich nicht mehr zum Umschließen eignen. Unter den Säugethieren sind also gewiß die Einhufer mit ihrem einzigen, in einem dicken hornigen Schuh steckenden Finger an jedem Beine besonders unfähig, mit den Extremitäten zu tasten; sehr wenig auch wahrscheinlich die Cetaceen und die Fische, wie man nach Form, Stellung und Art der Beweglichkeit ihrer Flossen schließen muß. Dasselbe gilt von den Vorderextremitäten oder Flügeln der Vögel. Je weniger aber die Extremitäten für diese Funktion günstig gebildet sind, um so mehr müssen im Allgemeinen die Theile des Mundes und seiner Umgebung aushelfen, an welchen ja auch schon der Mensch ein ungemein feines Getast besitzt. So versehen bei vielen plumperen Säugethieren die Lippenränder (z. B. bei den Einhufern), die nackte Oberlippe (bei vielen Wiederkäuern), die verlängerte Oberlippe (Rhinoceros), der Rüssel (Schweine, Tapir, Elephant, gewisse Insectivoren, Maulwürfe, Mygale moschata) diesen Dienst. Auch die Spürhaare finden sich ja in dieser Gegend des Körpers.

Unter den Vögeln finden wir mehrfach (bei Sumpf- und Schwimmvögeln, bei welchen das Bedürfniß des Tastens zum Theil so begreiflich ist!) die Schnabelspitze ausgezeichnet empfindlich und weich; die Fische haben sehr häufig faden- oder wurmförmige Organe um den Mund herum stehen, welche bei einigen sehr entwickelt und auch beweglich sind. So vermögen sie sich bei Lophius zu krümmen; bei den Welsen finden sich Muskeln, welche eine Bewegung der Fäden im Ganzen zu bewirken im Stande sind. Es ist nicht zu bezweifeln, daß solche Organe den Fischen als Tastorgane dienen mögen, deren sie sonst fast durchaus entbehren. Als Ausnahme sieht man mit gutem Grunde gewisse fingerförmige Organe bei einigen Fischen, namentlich die neben den Brustflossen der Triglen stehenden, an. — Feines Tastwerkzeug ist sehr vielen Wirbelthieren die Zunge. Sie wird es im Ganzen um so mehr seyn, je vielfältiger ihre Beweglichkeit ist. Finden wir diese nur in einer besondern Weise sehr ausgedehnt, wie bei dem Chamäleon und einigen Batrachiern, welche die Zunge weit hervorschleudern können, so brauchen wir uns damit nicht nothwendig eine feine Empfindlichkeit verbunden zu denken. Wo sie aber manchfacher Bewegung im Munde selbst (wie bei dem Menschen) fähig ist, oder gar in solcher Weise außerhalb des Mundes gebraucht wird, wie wir es bei Schlangen und manchen Sauriern sehen, da ist uns die Feinheit der Empfindung sicher, und würde es seyn, wenn man auch den Reichthum solcher Gebilde an Gefühlsnerven nicht anatomisch nachgewiesen hätte. — Wo der Schwanz zum Greifen eingerichtet ist, wie bei manchen Affen und bei den eigentlichen Phalangisten, namentlich wo ein Theil der Haut desselben nahe der Spitze von Haaren entblößt ist, läßt sich ein feineres Gefühl in diesem Theile auch nicht bezweifeln.

Von fundamentaler Wichtigkeit für die Leistungen der Tastorgane, deren Formen bei den Wirbelthieren wir hier betrachtet haben, ist es nun noch, daß sie außer der Feinheit der örtlichen Unterscheidung auch den Grad des Widerstandes (Härte, Schwere) der Gegenstände wahrnehmen, zu deren Prüfung sie angewandt werden, und daß auch ihre eigene jedesmalige Lage gefühlt (oder überall wahrgenommen) werde. Wir bringen dieß erst hier zur Sprache, weil eine Besprechung dieses Punktes die Anschauung der Instrumente voraussetzt.

Der Grad des Widerstandes kann ganz einfach unmittelbar durch die Tastflächen wahrgenommen werden, wenn man z. B. die Hand mit ihrem Rücken auf den Tisch legt und dann die Fläche mit einem Gewichte beschwert. Sehr gewöhnlich sind dabei aber noch andere Theile, namentlich die Muskeln im Spiele, indem diese die an einem beweglichen Theile befindlichen Tastflächen gegen das zu prüfende Objekt drücken. Es ist erwiesen, daß wir eine sehr deutliche Vorstellung von dem Spannungsgrade unserer Muskeln besitzen und dadurch z. B. auch Gewichte sehr genau prüfen können, wenn die Mitwirkung der Tastflächen dabei ausgeschlossen ist.

Dieses Gefühl von der Spannung der Muskeln ist nun auch sehr wesentlich, um dem Thiere eine Vorstellung von der jedesmaligen Lage seiner Tastorgane zu geben. Daß diese Vorstellung nöthig ist, damit das Thier wisse, in welchem Lageverhältnisse zu seinem Körper das gefühlte Objekt sich befinde, leuchtet ein. Zugleich ist es nun erwiesen, daß wir keineswegs eine solche Vorstellung von der Lage eines tastenden Organes, z. B. der Hand, schon dadurch haben, daß diese Lage durch den bewußten Willen hervorgebracht ist. Vielmehr bedarf der Willen, um einen ihm unterworfenen Theil mit Sicherheit in eine bestimmte Lage zu bringen, der fortwährenden Wahrnehmung der Lage, in welcher der Theil ist. Menschen, welche z. B. an Lähmung des Gefühls in einem Gliede leiden, ohne gleichzeitige Lähmung des Bewegungsapparates, bewegen diesen Theil höchst unsicher, sie müssen ihn sehen, um ihn dirigiren zu können.

So groß nun auch die Wirkung der Controle des Gesichtes in normalen Zuständen ist, so reicht sie doch keineswegs überall aus. Es ist deßhalb das direkte Gefühl von der Lage der Tastorgane sehr wesentlich und es beruht dasselbe theils auf der Spannung der Muskeln, welche die jedesmalige Lage bedingen, theils auch wohl auf Spannung und Druck der Haut, namentlich an den Gelenken; endlich auch wohl auf Gefühlen in den Gelenken selbst.

Was wir hier von den Tastwerkzeugen der Wirbelthiere gesagt haben, beweist zur Genüge, an wie manchfaltigen Orten der Sinn des feinern Gefühles localisirt seyn könne. Specifische Tastorgane, ausschließlich zum Fühlen bestimmt, wie die Augen zum Sehen, fehlen beständig und, je nach den specielleren Umständen des Baues und der Lebensweise, sind die manchfaltigsten Theile des äußeren Körpers in den Dienst des Gefühlssinnes getreten. Höchstens daß sie, in Gemäßheit ihrer gemeinsamen Bestimmung, durch die Beschaffenheit ihrer äußern Umhüllung, durch den Nervenreichthum u. s. w. übereinstimmen. Immer aber sind es nur wenig auffallende, anatomisch untergeordnete Züge, welche die Aehnlichkeit der Tastorgane bestimmen, so daß es zu der Entscheidung der Frage nach der Zahl und Anordnung derselben (oder vielmehr nach der Localisation des Tastsinnes) beständig der unmittelbaren Beobachtung des lebendigen Thieres bedarf. Daher kommt es denn auch, daß wir bei den niederen Thieren, deren Lebensverhältnisse uns minder bekannt sind, nicht überall mit derselben Bestimmtheit, wie bei den höheren, die Tastorgane kennen. Vornehmlich sind es allerdings auch hier die verschiedenen äußeren Hervorragungen und Anhänge des Körpers, die in solcher Weise funktioniren. Aus der Manchfaltigkeit derselben nach Bau und Entwicklungsfähigkeit erwächst der physiologischen Deutung jedoch nur eine neue Schwierigkeit. Auch dürfen wir nicht übersehen, daß mit der Vereinfachung der Organisation das Tastgefühl sich immer gleichmäßiger über die ganze Oberfläche des Körpers verbreitet, wenn anders die physikalische Beschaffenheit derselben es zuläßt. Die Tastorgane treten allmählig zurück, bis am Ende die ganze Körperfläche in gleicher Weise die Gefühlsempfindungen vermittelt.

Bei den **Arthropoden**, die ein festes Hautskelet besitzen, ist der Gefühlssinn wohl vornehmlich in den Endgliedern der Extremitäten concentrirt. Sehr häufig finden wir hier bei verhältnißmäßigem Nervenreichthum eine große Dünne und Weichheit der äußeren Haut, die sich sehr merklich von den panzerartigen Integumenten des Rumpfes unterscheidet und schon von vorn herein ihre Befähigung zur Vermittlung von Tastempfindungen vermuthen läßt. Doch auch da, wo die Beschaffenheit dieser Anhänge eine andere ist, wo eine äußere

harte Hülle dieselben umkleidet, sind sie nicht unfähig zu tasten; nach Art der Spürhaare vermögen sie auch dann noch eine Berührung zur Wahrnehmung zu bringen, und um so vollständiger, als Gliederung und Muskulatur dabei eine große Manchfaltigkeit der Bewegung gestatten. Von allen diesen Gebilden sind aber die Anhänge des Kopfes die vorzüglichsten und brauchbarsten Tastapparate. Zu diesen gehören namentlich die Antennen, die nur wenigen Arthropoden (Spinnen und niederen Krebsen) fehlen und, schon vom gemeinen Verstande in dieser ihrer Bedeutung erkannt, mit dem Namen der Fühlhörner und Fühler bezeichnet werden. Wie übrigens der Nutzen dieser Apparate wahrscheinlich nicht ausschließlich auf den Gefühlssinn gerichtet ist, so finden sich auch in dem Werthe derselben als Tastwerkzeuge, je nach dem Bau, sehr große Verschiedenheiten, deren äußerste Grenzen schon

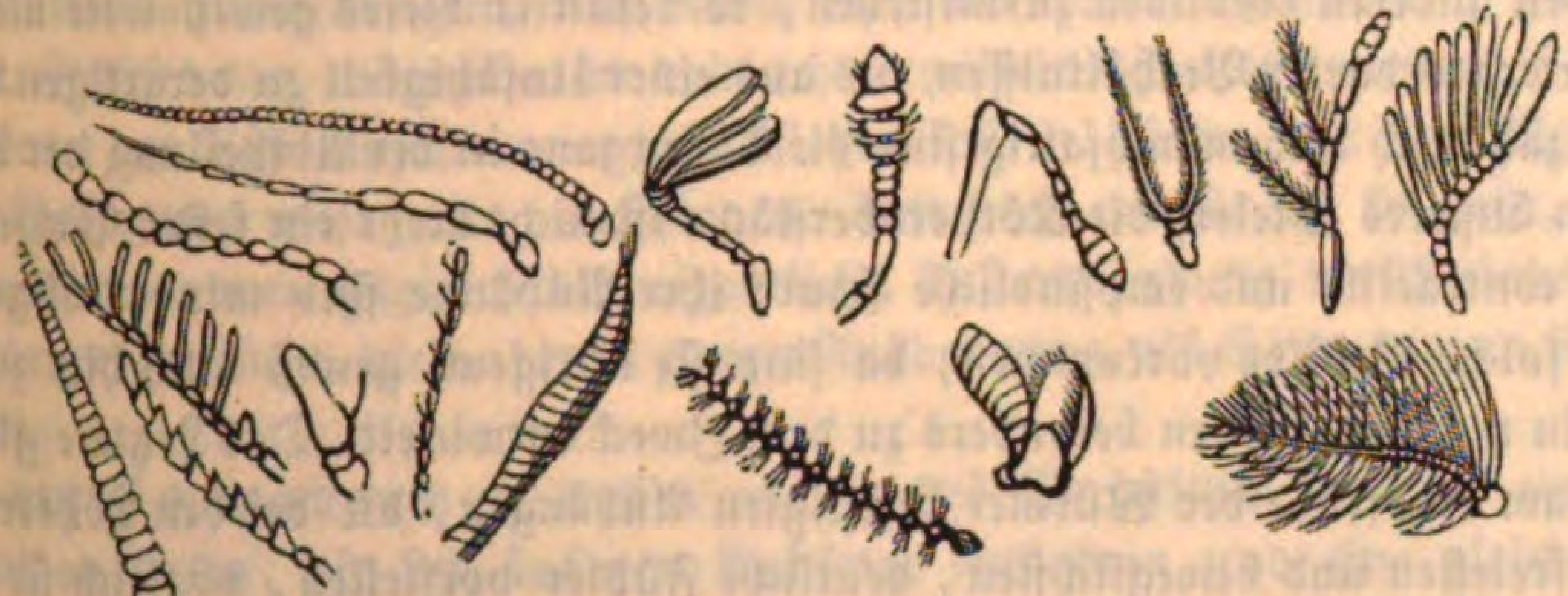


Fig. 302.

Verschiedene Formen von Antennen.

oben angemerkt sind. Bald tasten sie, wie die Finger (besonders bei den saugenden Insekten, den Bienen u. s. w.), bald erscheinen sie eher als passive Gefühlsorgane, mehr, um die Nähe bestimmter Körper anzumelden, als um diese nach ihrer physikalischen Beschaffenheit genauer zu untersuchen. Zu dem letztern Zwecke dienen dann gewöhnlich die Palpen, die schon früher, bei den Freßwerkzeugen, eine Erwähnung fanden und durch ihre Verbindung mit diesen Gebilden für den Akt der Nahrungsaufnahme, namentlich bei den kauenden Insekten, eine große Bedeutung haben. Daß die Palpen wirklich tasten — obgleich sich das Vermögen hierzu wegen der beschränkten Längenentwicklung nur auf Gegenstände in größter Nähe bezieht — beweist außer der direkten Beobachtung auch noch der Bau. Das letzte Glied ist in der Regel abgestutzt, von beilförmiger Gestalt, und an der Endfläche nicht bloß weicher, sondern auch mit mikroskopischen Borsten, Zäpfchen und Warzen in verschiedener Zahl und Anordnung besetzt, mit Gebilden, durch welche eine sorgfältigere Untersuchung und genauere Wahrnehmung der äußeren Gegenstände offenbar gar sehr erleichtert wird. Bei den saugenden Insekten, weniger bei den Spinnen, haben die Palpen wohl meistens solche Bedeutung verloren, wie auch schon daraus hervorgeht, daß sie hier minder allgemein und vollständig entwickelt sind. Mögen sie immerhin noch hier und da (z. B. bei den Schmetterlingen) ein deutliches Gefühl vermitteln, — als eigentliche Tastorgane erscheinen sie nur selten. Es hat dann der Rüssel diese Bedeutung übernommen. Bei manchen Lepidopteren ist dieser gleichfalls mit Tastwärzchen versehen, wie sonst die Palpen, und namentlich an seiner Spitze durch eine große Empfindlichkeit ausgezeichnet. In anderen Fällen, bei vielen Dipteren, trägt er zu diesem Zweck am Ende einen besondern zweiklappigen Apparat von weicher, fast fleischiger Beschaffenheit, auf welchem zahlreiche kleine Hervorragungen aufsitzen. Bei der gewöhnlichen Stubenfliege zeigen diese eine sehr regelmäßige Gruppirung. Auffallend ist der große Reichthum an Tracheen, die eine merkwürdige kammartige Anordnung besitzen. Wahrscheinlich dienen diese dazu, den Apparat aufzublähen und gehörig auszubreiten, wie es zum Tasten sehr zweckmäßig seyn mußte.

Bei den Crustaceen, wenigstens bei den höheren Gruppen dieser Thiere, wird die Zahl der Tastorgane am Kopfe noch durch die sogenannten Beikiefer vermehrt. Allerdings scheint die Brauchbarkeit dieser Theile zur Vermittlung der Gefühle nicht überall dieselbe, doch läßt

sie sich im Allgemeinen wohl um so weniger in Abrede stellen, als in vielen Fällen Form und Entwicklung sehr augenfällig an die Tentakel und Palpen erinnert. — Daß auch die eigentlichen Beine der Arthropoden zu Gefühlswahrnehmungen, und oft zu sehr feinen, geschickt sind, das beweisen wohl die Spinnen am deutlichsten, die (wie auch manche Insektenlarven) dieselben zur Ausübung gewisser Kunsttriebe benützen, oder die Krebse, bei denen dieselben (wie schon die Palpen bei manchen Spinnen) zugleich als Greifapparate dienen u. s. w. Außer allen diesen Anhängen sind noch die zu dem Skelet gehörenden äußeren Geschlechtsorgane der Arthropoden, die hornigen Begattungswerkzeuge und Legröhren, durch große Empfindlichkeit — und nicht bloß gegen geschlechtliche Reize — ausgezeichnet. Mögen dieselben auch immerhin für die Vermittlung der Gefühlsempfindungen im Allgemeinen hinter manchen anderen Gebilden zurückstehen, es resultirt dieses gewiß weit mehr aus der Lage u. a. untergeordneten Verhältnissen, als aus einer Unfähigkeit zu derartigen Leistungen.

Weniger zahlreich und manchfaltig sind die Tastorgane in der Abtheilung der Würmer. Hier fehlt ein äußeres Skelet, die Körperoberfläche ist nicht mehr ein fester Panzer, sondern eine weiche, contractile und empfindliche Haut; ihre Anhänge sind minder allgemein verbreitet. Wo solche Gebilde vorkommen, da sind sie übrigens gewiß auch hier zum Fühlen geschickt, ja in manchen Fällen besonders zu dem Zweck entwickelt. Das Letztere gilt namentlich von den am Kopfende der Würmer befestigten Anhängen, die bei den höheren Formen, zugleich den freiesten und beweglichsten, deutliche Fühler vorstellen, obgleich sie vielfach in Anordnung und Gestaltung wechseln. Die Räderapparate der Rotiferen, die Tentakel der Bryozoen müssen wir ebenso gut als Tastorgane betrachten, als die Bärtel der Capitibranchiaten oder die Antennen und Kopfcirren der Nereiden. Selbst da, wo besondere Anhänge am Kopfe fehlen, scheint immer noch der Vordertheil des Leibes in hohem Grade empfindlich. Beim Regenwurm, Blutegel u. s. w. kann man sehr leicht die tastenden Bewegungen derselben beobachten. Ja in einigen Fällen (Stylaria) ist dieses Vorderende sogar zu einem vollkommen rüsselartigen Gebilde entwickelt, oder, wie bei dem Spuhlwurm, mit Knötchen versehen, deren Beziehung zum Tastsinn gleichfalls deutlich ist.

Noch eines andern Gebildes müssen wir hier, bei den Würmern, unter den Tastorganen erwähnen, des sogenannten Rüssels. Er ist der vordere ausstülpbare Theil des Verdauungskanales, der Oesophagus, und in vielen Fällen zugleich Greifapparat. In dieser Hinsicht hat er schon früher, an einem andern Orte, eine genügende Berücksichtigung gefunden. Daß auch die Borsten der Chätopoden zur Vermittlung von Sinneswahrnehmungen durch das Gefühl sehr tauglich sind, wird sich gleichfalls nicht leugnen lassen. Wie die Spürhaare, werden sie eine jede Erschütterung bis zu den unterliegenden Nerven fortleiten. Man glaube aber nicht, daß alle Würmer mit eigenen Tastorganen versehen sind. Es gibt eine sehr große Anzahl, die, durch die Gleichförmigkeit des Körperbaues ausgezeichnet, derselben entbehren. Hier wird dann die ganze Oberfläche des Leibes, wenn auch vielleicht nicht an allen Stellen mit derselben Schärfe und Genauigkeit, eine mechanische Berührung empfinden.

Aehnliches finden wir auch bei einigen Mollusken, doch nur bei wenigen, indem die Mehrzahl dieser Thiere wieder mit besonderen, wenn auch nicht immer ausschließlich zum Tasten bestimmten Apparaten ausgerüstet ist. Hierher gehören namentlich bei den Cephalopoden die Arme des Kopfes mit ihren Saugnäpfen oder Tentakeln, bei den Gasteropoden die Fühler und Lippen, bei den Acephalen die sogenannten Mundlappen, die Mantelränder, die nicht selten nach hinten in ein muskuloses Rohr (sipho) sich ausziehen und auch wohl mit kleineren und größeren Warzen und Tentakeln sich besetzen, und der Fuß. Wie der letztere in vielen Fällen zu solcher Funktion sehr passend sei, sieht man besonders bei den Byssus spinnenden Acephalen. Es ist unmöglich, hier auf alle die einzelnen Verschiedenheiten in dem Bau und der Verwendung dieser Theile aufmerksam zu machen. Es genüge die Bemerkung, daß deren sehr zahlreiche vorkommen, und daß auch mit den angeführten Theilen keineswegs die ganze Menge der Tastapparate erschöpft ist. So treffen wir bei den nackten

Schnecken noch auf mancherlei Anhänge des Mantels, bei den Raubschnecken auf einen erfertilen Rüssel, bei den Ascidien auf einen Kranz von Tentakeln im Umkreis der Körperöffnungen u. s. w., die alle bei einer erschöpfenderen Betrachtung der Tastapparate berücksichtigt werden müßten. Ein Theil der hier erwähnten Gebilde ist übrigens, was wohl mit der trägen und langsamen Bewegung der Mollusken oder mit der sessilen Lebensweise (der Ascidien, Austern u. s. w.) zusammenhängt, weit mehr ein Gefühlsapparat, dessen zufällige Wahrnehmungen zu bestimmten Actionen veranlassen, als ein eigentliches Tastorgan zum Untersuchen von Körpern, die schon erkannt sind. Die Gefühlswerkzeuge der ersteren Art sind überhaupt bei den niederen Thieren weit häufiger und allgemeiner verbreitet, als in den höheren Abtheilungen, und müssen um so wichtiger erscheinen, als das Bereich der übrigen Sinneswahrnehmungen, namentlich auch des Gesichtes, allmälig immer mehr sich verkleinert. Selbst dann, wenn etwa die dadurch vermittelten Perceptionen an Deutlichkeit und Feinheit hinter den Tastempfindungen zurückstehen sollten, dürfen wir ihre allgemeinere physiologische Bedeutung nicht gering anschlagen. Und diese wächst um so mehr, wenn mit den besonderen Tastorganen zugleich die eigentliche Tastempfindung verschwindet, wenn nur noch die Körperoberfläche, diese aber in ganzer Ausdehnung, als Sinnesorgan für das Gefühl zurückbleibt.

Unter den Echinodermen treffen wir solches Verhältniß nur bei einigen wenigen wurmförmigen Arten, die der äußeren Anhänge entbehren und eine gleichförmig weiche Oberfläche besitzen. In den meisten Fällen ist die Körperdecke zu einem Skelet erhärtet, und dann scheint der Gefühlssinn bald in den Mundtentakeln (bei den Holothurien), bald in den Füßchen und Pedicellarien (bei den übrigen typischen Formen der Echinodermen) seinen Hauptsitz zu haben. Daneben dürfen wir aber auch gewiß nicht der mancherlei kalkigen Stacheln und sonstigen Fortsätze des Echinodermenskelets vergessen. Namentlich da, wo sie beweglich eingelenkt sind, vermögen auch sie gewiß, wie die Spürhaare, eine unmittelbare Berührung zur Perception zu bringen.

Der Gefühlssinn der Quallen und Polypen ist wohl vornehmlich in den Greifapparaten und Tentakeln concentrirt, die in manchfacher Anordnung und wechselnder Gestalt, meist als längere oder kürzere Fäden und Glieder, gewöhnlich den Vordertheil des Leibes mit dem Eingang in die Verdauungshöhle besetzen.

Bei den Infusorien endlich fehlen alle besonderen Tastorgane, wenn man dieselben nicht in den manchfachen größeren und kleineren Wimpern oder Griffeln sehen will, die an der Oberfläche sich vorfinden und in der Regel, wie die Tastorgane so häufig, auch hier zugleich als Locomotionswerkzeuge benützt werden.

Der Geschmackssinn. Von diesem, wie von dem Geruchssinne, läßt sich theils aus der Erfahrung unmittelbar darthun, theils auch aus den Bedürfnissen der verschiedenen Thiere ableiten, daß dieselben, wo sie vorkommen, in sehr verschiedenen Richtungen entwickelt seyn werden. Der Mensch macht die Erfahrung, daß er selbst in gewissen Leistungen, namentlich des Geruchssinnes, weit hinter manchen Thieren zurücksteht. Aber wir haben nicht nöthig, anzunehmen, daß das in jeder Hinsicht der Fall sey. Es ist kein Grund zu glauben, daß z. B. der feinnasigste Hund die Manchfaltigkeit von Wohlgerüchen zu unterscheiden vermöge, welche die menschliche Nase erkennt; sie liegen außerhalb der Sphäre der Bedürfnisse eines solchen Thieres. So ist es natürlich, daß bei den Thieren, welche überall Geschmackssinn besitzen, derselbe besonders für die Substanzen entwickelt ist, welche ihm zur Nahrung dienen müssen, oder vielmehr, aus denen es seine Nahrung zu wählen hat. Aus dem anatomischen Befunde läßt sich über das Vorhandenseyn und den Entwicklungsgrad des Geschmackssinnes bei einem Thier wenig schließen. Wir kennen zwar bei den Wirbelthieren den Nerven, welcher der Sitz der Geschmacksthätigkeit ist. Dieser sogenannte Zungenschlundkopfnerv kommt sehr allgemein bei den Wirbelthieren vor. Da er aber auch bei den Säugethieren nicht bloß dem Geschmacke zu dienen scheint, so kann seine bloße Anwesenheit nichts beweisen.

Aus dem Vorhandenseyn oder der Abwesenheit der Zunge geht auch nichts hervor. Auch bei dem Menschen scheint sie nicht der ausschließliche Sitz des Geschmackes zu seyn, und wir müssen annehmen, daß die Ausbildung einer eigentlichen Zunge hauptsächlich auf die Bewegung der Speisemasse hinzielt. Der Geschmack kann überall seinen Sitz haben, wo ein feuchtes Oberhäutchen eine Verbreitung von Geschmacksnerven deckt, mag dieß an einer Zunge oder sonstwo seyn. So kann sehr wohl ein Geschmackssinn bei völlig zungenlosen Fischen u. s. w. sich finden; der Sitz des Geschmackes mag der Boden der Mundhöhle oder auch der Gaumen seyn u. s. w. Zur Unterstützung des Geschmackes dienen die Speicheldrüsen und sonstige die Mundflüssigkeit vermehrende Drüsen, indem sie zur Auflösung der unaufgelösten (aber auflöslichen) Ingesta beitragen. In dieser aufgelösten Form kann alsdann das Schmeckbare das feine Epithelium durchdringen und in äußerst kurzer Zeit zu den Geschmacksnerven gelangen.

Waren wir schon bei den niederen Wirbelthieren über das Vorhandensein und den Sitz des Geschmacksinnes im Unklaren, so wissen wir darüber noch weniger bei den wirbellosen Thieren. Allerdings sehen wir manche dieser Geschöpfe, selbst unter den Infusorien, mit deutlicher Auswahl ihre Nahrungsmittel genießen, doch dieses beweist noch nicht mit Bestimmtheit, daß der Geschmack die Auswahl geleitet habe.

Wenn übrigens eine solche Sinneswahrnehmung wirklich vorhanden ist, dann wird sie unstreitig, wie auch bei den höheren Thieren, am Vorderende des Verdauungsapparates ihre Localisation finden. Wo eine Art Mundhöhle vorkommt (bei den kauenden Insekten, den Schnecken ꝛc.), mögen deren Wandungen die Geschmacksempfindung vermitteln, während im anderen Falle vielleicht die Lippenränder zu solchen Perceptionen geschickt sind. Bei einzelnen niedern Thieren, namentlich bei den Schnecken, hat man in der Mund- (Pharyngeal-) Höhle eine Zunge beschrieben, wie bei den Wirbelthieren, und diese auch wohl als Geschmacksorgan gedeutet, doch ohne daß eine andere Erfahrung zu Gunsten dieser Annahme spräche, als die oberflächliche Analogie mit der Zunge der Wirbelthiere. Doch schon hier ist, wenigstens bei den niederen Formen, die Bedeutung dieses Gebildes als Geschmacksorgan sehr problematisch. Bei den Schnecken (vielleicht mit Ausnahme der Cephalopoden, wo allerdings die Spitze der Zunge wohl im Stande seyn mag, den Geschmack zu vermitteln) ist diese Zunge durch eine eigenthümliche Entwicklung des Epitheliums zu einem besondern Verkleinerungs- und Schlingapparate weit mehr als zu Geschmacksempfindungen geeignet. Noch eher könnte man vielleicht einen zungenartigen Zapfen in der Mundhöhle mancher kauenden Insekten, der eine fleischige Beschaffenheit und weiche Oberfläche besitzt, als Geschmacksorgan deuten. Daß übrigens in vielen Fällen der Geschmackssinn bei den wirbellosen Thieren nur wenig entwickelt ist, eben so wenig, als z. B. bei den körnerfressenden Vögeln, den Schlangen u. s. w., läßt sich nicht bezweifeln. In einigen Arten fehlt derselbe mit Bestimmtheit, wie bei den der Mundöffnung entbehrenden Cestoden, Akanthocephalen u. s. w., bei denen durch die Art der Nahrungsaufnahme eine jede Auswahl der Speisen unmöglich gemacht ist.

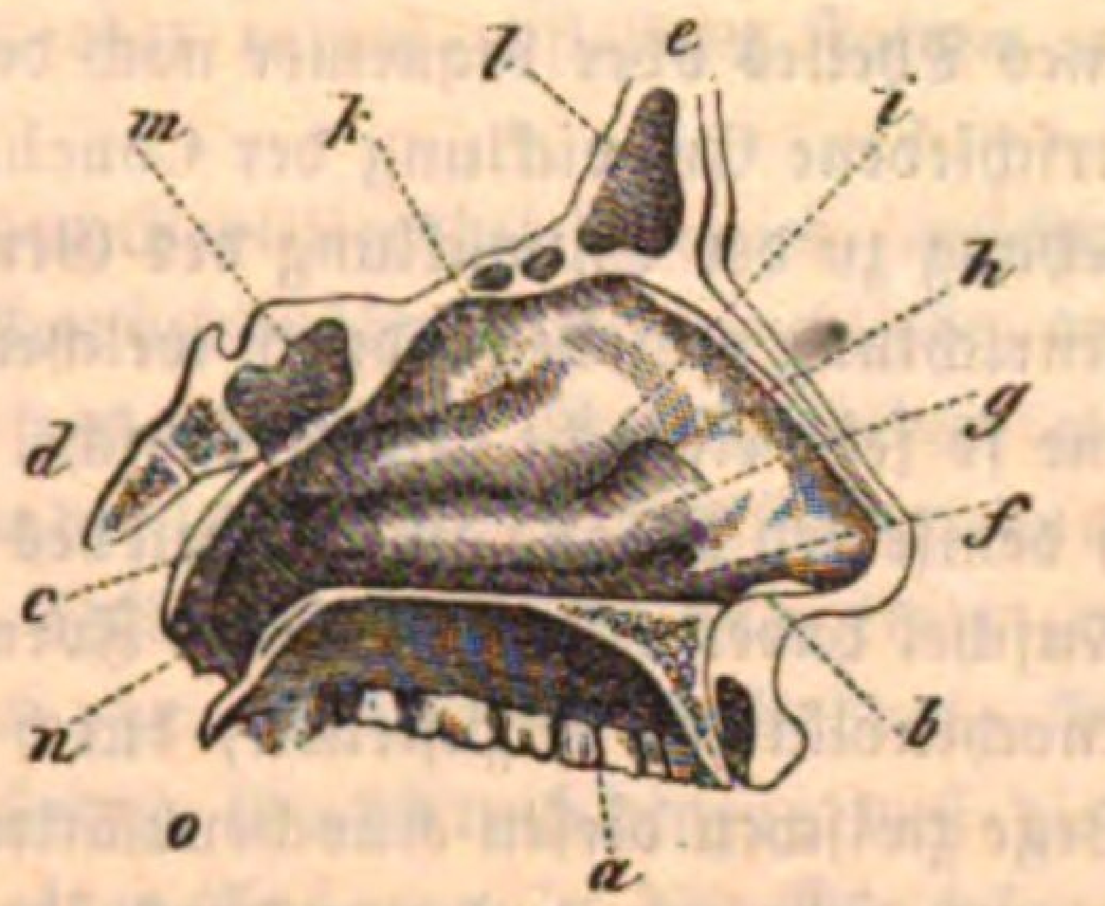
Der Geruchssinn. Er ist von der größten Wichtigkeit für das Leben vieler Thiere, indem er bei manchen mehr als Ohr und Auge dazu beiträgt, daß das Thier seine Nahrung finde, seine Feinde vermeide und daß die beiden Geschlechter sich zur Brunstzeit auffinden.

Die letztere Beziehung findet auch darin einen Ausdruck, daß manche stark riechende Absonderungen der Haut, besonders der Geschlechtstheile, bei vielen Thieren zur Zeit der Brunst auftreten oder sich vermehren. In entsprechender Weise finden wir, daß Thiere, welche zu anderen Jahreszeiten vielleicht gar keine Töne von sich geben, zur Brunstzeit ihre Stimme erheben, oder, wenn sie auch sonst Stimmen hatten, doch jetzt ganz besondere Locktöne hervorbringen.

Der Geruchssinn ist gleichmäßig sowohl bei Wasser- als bei Luftthieren verbreitet. Die Fische besitzen ein Organ, welches durch seine Nerven, seine Lage und Form entschieden als Geruchswerkzeug bezeichnet ist. Das Riechbare muß sich also auch im Wasser verbreiten können, wie es ja auch zu unseren Geruchsnerven nur durch eine mit Feuchtigkeit durchtränkte Epithelschicht

wandern kann. Es ist daraus einleuchtend, daß ein eigener Unterschied zwischen der Funktion des Geschmacks- und Geruchsorganes obwalten muß, ein Unterschied, welcher keineswegs darin erschöpft ist, daß das eine Organ tropfbare, das andere gasförmige Substanzen zu prüfen hat. — Bei den luftathmenden Wirbelthieren hat der Geruchssinn seinen Sitz in der über der Mundhöhle befindlichen Nasenhöhle (Fig. 303), über deren Verbindung mit der Mundhöhle schon an anderen Orten die Rede war. An einem Theile der Schleimhaut dieser Höhle ist der Geruchsnerv ausgebreitet und empfängt durch das Epithelium hindurch den riechbaren Stoff. Nur bei sehr wenigen Luftathmern läßt sich mit Grund das Vorkommen des Geruchssinnes bezweifeln. Von einigen Vögeln (Arten von Sula) ist bekannt, daß ihnen die äußere Nasenöffnung fehlt. Bei gewissen Cetaceen gründet sich ein sehr bestimmter Zweifel an ihrer Riechfähigkeit darauf, daß man ihre Geruchsnerven nicht hat wahrnehmen können. Begreiflicherweise haben diese Thiere kein Interesse dabei, die Luft zu riechen, sondern das Wasser. Entweder also müßte ihnen die Luft doch aus dem Wasser aufgestiegene Dünste zuführen, oder sie müßten Wasser in die Nase aufnehmen, in so weit sie überall einen Geruchssinn hätten.*)

Fig. 303.



Die linke Hälfte der menschlichen Nasenhöhle.

a Oberer Theil der Mundhöhle; *b* Nasenloch; *c* Eingang zur Eustachischen Röhre (vgl. Gehörorgan); *d* Theil der Schädelbasis; *e* Stirn; *f*, *h* unterer und mittlerer Nasengang, unter der untersten (*g*) und mittleren (*i*) Muschel; *k* obere Muschel; *l* Stirnhöhle; *m* Höhle des Keilbeins; *n* hintere Nasenöffnung; *o* Gaumensegel.

*) Es ist hier eine Gelegenheit, das Wasserspritzen der Cetaceen zu erwähnen, eine Erscheinung, welche früher allgemein geglaubt und offenbar übertrieben wurde, während sie gegenwärtig von Vielen ganz bezweifelt wird. Um aber in dieser Angelegenheit nicht voreilig zu seyn, ist es sehr wesentlich, die Uebertreibung und das Vorurtheil auf der einen Seite nicht durch Uebertreibung und Vorurtheil von der andern Seite her aufwägen zu wollen. Es ist offenbar, daß das Wasserspritzen keine so verbreitete und großartige Erscheinung ist, als man früher angenommen, es ist auch offenbar, daß die Cuvier'sche Erklärung des Wasserspritzens (es sey das mit den Speisen in den Mund genommene Wasser, welches durch die Nase wieder ausgestoßen werde) falsch ist. Auch glaube ich gerne, daß es bei manchen Cetaceen gar nicht vorkommt. Alle diese Umstände machen aber offenbar eine vorsichtige Benutzung auch der gegenseitigen, negativen Behauptungen nöthig. Diese können vielleicht zum Theil nur so viel heißen: das Ausspritzen sey nicht so bedeutend, als man es sich früher vorgestellt; es werde nicht das mit den Speisen aufgenommene Wasser durch die Nase ausgestoßen u. s. w. Zu negativen Behauptungen, zur Verwerfung der positiven Beobachtungen ist man um so mehr geneigt, als in der That manche Umstände Täuschungen möglich machen: man kann in kalten Klimaten Dampfsäulen für Wassersäulen angesehen haben; es kann im Augenblicke der Ausathmung eine Welle über das Nasenloch fahren, so daß Wasser mit in die Höhe gerissen wird. — Ich gestehe, daß ich nach v. Bär's Darstellung sehr geneigt war, anzunehmen, das Wasserspritzen sey ein Mährchen. Zudem hatte auch gegen mich ein Chirurg eines Walfischfängers ausgesprochen: es sey nichts als Dampf, was aus der Nase der Thiere gehe. Ich habe aber diese negative Ansicht, dem gegenüber, was ich selbst im Sommer 1846 gesehen, nicht festzuhalten vermocht. Ich will den Werth meiner Beobachtung nicht zu hoch anschlagen; ich habe nur einen Wal spritzen sehen, — und die Entfernung war keine sehr geringe. Was ich aber sah, habe ich, wenn es auch keine imposante Fontäne war, doch auch nicht für Dampf noch auch für zufällig in die Höhe gespritztes Wasser halten können. Im letzteren Falle hätte es auseinanderfahren müssen. Es war aber ein mehr compakter Strahl, wenn ich recht aufgefaßt habe, eine mäßige und in einem leichten Bogen aufsteigende Wassermenge. Von anderen positiven Zeugnissen sind Beobachtungen von Spallanzani (Viaggi Cap. X., besonders Cap. XXIV. eine Beobachtung bei ganz stiller See im Mittelmeere), Wahrnehmungen von Faber, es sind auch Mittheilungen einiger französischen Reisenden zu erwähnen; namentlich vergl. Quoy und Gaimard in der zool. Abth. der Voyage de l'Uranie unter Freycinet. Mit dem Wasserstrahle, welcher sich dort

Wo man die Verbreitung der Geruchsnerven untersucht hat, fand man dieselbe bei Säugethieren und Vögeln, so wie bei den meisten Reptilien, in dem obern Theil der eigentlichen Nasenhöhle (besonders Concha superior) und an der Scheidewand derselben. Dort muß also der Sinn seinen Sitz haben, und seine verschiedene Energie mag nach der Ausbildung jenes Theiles oder bequemer nach der Stärke des Riechnerven geschlossen werden. Die höchst verschiedene Entwicklung der Concha infima dürfen wir dagegen nicht in unmittelbare Beziehung zu der Entwicklung des Geruchssinnes stellen. Es läßt sich ein anderer Nutzen dieser Einrichtung einsehen, durch welchen wir es auch begreiflich finden können, daß der Mensch eine so sehr einfache untere Muschel hat, ohne daß wir gerade anzunehmen brauchen, daß er in demselben Maaße an Feinheit des Geruchssinnes zurückstehe. Die Entwicklungen der unteren Muschel haben nämlich, welche Form sie auch darbieten mögen, die Folge, ein Labyrinth von Knochenblättern herzustellen, durch welche die Luft bei der Einathmung streichen muß. Die Wege zwischen diesen Knochenblättern sind, wenn zu letzteren noch der Schleimhautüberzug kommt, sehr eng, und nur durch ihre große Anzahl wird es möglich, daß hinreichende Luft unbehindert zu den Lungen streichen kann. Natürlich werden Staubtheilchen und andere Verunreinigungen der einstreichenden Luft in diesen engen Gängen leicht an die Schleimhautflächen abgesetzt und so von dem Eindringen in die Lungen abgehalten. Eine Reinigung der Schleimhaut findet dann wahrscheinlich durch die Wimperbewegung statt, welche an ihrer Oberfläche vor sich geht. Einrichtungen solcher Art sind nun aber natürlich für Thiere, welche, die Nase am Boden, eine Spur verfolgen oder die Kräuter am Boden abfressen, von einer großen Bedeutung, während der Mensch ihrer nicht bedarf.

Bei den Vögeln und Reptilien sind so entwickelte accessorische Apparate: untere Muschel, Nebenhöhlen, wie man sie bei Säugethieren häufig antrifft, nicht zu finden, was sich sowohl mit dem eben Gesagten sehr gut reimt, als es auch mit der großen Sparsamkeit harmonirt, mit welcher alle irgend entbehrlichen, den Kopf anderer Wirbelthiere beschwerenden Einrichtungen am Kopfe der Vögel vermieden sind. Als Schutzapparate finden sich bei einigen Vögeln, z. B. den in der Erde ihre Nahrung suchenden Raben, Federchen oder Borsten äußerlich auf die Nasenlöcher gedeckt. Die Nebenhöhlen aber, welche bei den Säugethieren sich in das Oberkieferbein, Stirnbein, Keilbein zu erstrecken pflegen, sind wohl ohne alle Bedeutung für den Geruchssinn: es ist eben für andere Zwecke, z. B. der Muskelanheftung, eine gewisse äußere Form der Knochen nöthig und diese wird, um das Gewicht nicht sehr zu vermehren, durch lufthohle Knochen bewirkt. Für den Geruchssinn ist es also gleichgültig, es ist nur auf die architektonischen Verhältnisse des Schädels zu beziehen, wenn diese Höhlen hier mehr, dort weniger entwickelt sind. So haben auch die Luftzellen der Schädelknochen bei den Vögeln ihre Mündungen in andere Theile der Luftwege des Körpers, während sie bei dem Elephanten, wo sie sich auch über den ganzen Schädel erstrecken, mit der Nase zusammenhängen. Abgesehen hiervon kommt aber der eigentliche Geruchsapparat, und mit ihm der Sinn, auch den niederen luftathmenden Wirbelthieren in nicht geringer Ausbildung zu.

---

auch auf einer Skizze des Physeter polycyphus (von einem englischen Seefahrer entworfen) findet, stimmt merklich überein, was Lesson (Voyage de la Coquille unter Duperrey) von der Form des Strahles des Physeter macrocephalus angibt. Quoy und Gaimard beobachteten unter heißem Himmelsstriche, bei ruhiger See! Dieselben Beobachter geben von anderen Thieren an, daß sie sie nicht haben spritzen sehen. — Ich glaube hiernach, daß bis jetzt nichts in der Wissenschaft der Vermuthung entgegen steht, daß alle Cetaceen, welche ein Geruchsorgan haben, Wasser in kleinen oder großen Mengen in die Nase nehmen, um es zu beriechen. Dieß kann vielleicht zum Theil so wenig seyn, daß ganz ehrenwerthe Beobachter es sehen und doch dabei bleiben, daß kein Wasserauswurf stattfinde; bei anderen ist es aber wahrscheinlich stärker. Das Verhalten der Ausbuchtungen der Nasenhöhle, welche unter dem Namen der Spritzsäcke bekannt sind, bei dem Wasserspritzen, ist dunkel. Herr Stannius hat die Güte gehabt mir mitzutheilen, daß er Delphinus phocaena, bei welchem er die Geruchsnerven vermißt, oft gesehen, nie aber ein Spritzen bemerkt, auch von Anderen nichts davon gehört habe. Dieses Thier hat aber bedeutende Spritzsäcke. B.

Bei den Fischen haben die Geruchsorgane nicht mehr die Beziehung zur Athmung, wie bei den übrigen Wirbelthieren. Es finden sich bei ihnen Gruben an der Schnauze, meist oberhalb, nur bei den Plagiostomen, deren Maul so weit hinter der Schnauzenspitze liegt, unterhalb, zwischen Schnauzenende und Maul. Im Boden dieser theilweise verdeckten Gruben ist die Riechschleimhaut in parallelen oder radial gestellten Falten angeordnet.

Aehnlich ist die Anordnung der Schleimhaut unter den Reptilien bei Proteus, welchem sich von Seiten der Fische wieder Lepidosiren durch die Amphibienähnlichkeit anschließt, daß seine Nasenhöhle einen Ausgang in den Mund, freilich den vordersten Theil desselben (wie bei Proteus) zu haben scheint. Eine eigene Ausnahme von der sonst unter den Fischen ziemlich einförmigen Bildung der Geruchswerkzeuge machen die Cyklostomen. Bei ihnen liegt eine einfache Nasenhöhle vor dem Gehirn und öffnet sich nach vorne mittelst eines Rohres. Bei einer Abtheilung derselben kommt aber noch das merkwürdige Verhältniß hinzu, daß diese Nasenhöhle auch, wie bei den luftathmenden Thieren, einen Ausgang in den Speisekanal besitzt, welches für die Bewegung des Athmungswassers wichtig seyn mag, wenn das Thier sich mit dem Maule angesogen und so diesen Weg versperrt hat.

Während uns bei den Wirbelthieren, auch wo die speciellen physiologischen Beweise fehlen, der Bau, die Nervenanlage, die Aehnlichkeit der Lage des Geruchsorganes, kurzum die schon im Eingange des Capitels von den Sinnen erwähnten morphologischen Argumente mit leidlicher Sicherheit in unserer Deutung leiten, sehen wir uns unter den wirbellosen Thieren von solchen Argumenten ganz verlassen. Bei keinem einzigen dahin gehörenden Thiere haben wir bisher mit völliger Entschiedenheit ein Geruchsorgan gefunden, wenn wir auch vielleicht mit größerer oder geringerer Wahrscheinlichkeit in einzelnen Fällen bald dieses, bald jenes Gebilde dafür erklären. Und doch sind manche dieser Geschöpfe, namentlich unter den luftathmenden, offenbar mit einem scharfen Geruche ausgerüstet. Auf weite Entfernungen vermögen sie riechende Substanzen zu unterscheiden und aufzusuchen. Von anderen Thieren kennen wir die Lebensweise und den Bau zu wenig, um irgend ein specielles Argument für das Vorhandenseyn dieses Sinnes anführen zu können. Wir müssen daher, da die allgemeine Nothwendigkeit desselben nicht zu beweisen steht, auch an einen gänzlichen Mangel desselben denken. Aber auch das Fehlen eines besondern geformten Organs ist an sich ein schwacher Beweis für das Fehlen des Sinnes, da jede feuchte Hautstelle die Funktion versehen kann, wenn nur der Sinnesnerv da ist. Sollte dieser ganz fehlen, so bliebe immer noch eine Empfindlichkeit der allgemeinen Gefühlsnerven für chemische Qualitäten des umgebenden Mediums übrig, welche den Geruchssinn einigermaßen ersetzen könnte.

Bei den luftathmenden Arthropoden hat man namentlich in früherer Zeit nach der Analogie mit den luftathmenden Wirbelthieren die Geruchswerkzeuge am Anfang des Respirationsapparates gesucht und an die Mündungen des Tracheensystemes verlegt. Doch wohl mit Unrecht. Bringt man ein Aethertröpfchen auf der Spitze einer Nadel den Luftlöchern noch so nahe, niemals bemerkt man ein Zeichen, daß eine Geruchsempfindung stattgefunden habe. Anders aber ist es, sobald man dasselbe dem Kopfe nähert. Augenblicklich bewegen sich die Antennen und strecken sich, wie zur näheren Prüfung, der riechenden Substanz entgegen. Daß auf der äußern Haut der Antennen eine Menge von Grübchen sich befinden, in deren Grunde sich mitunter kleine Wärzchen erheben, die man als Geruchspapillen gedeutet hat, wollen wir gerade nicht als Beweis für die Natur der Fühler als Geruchsorgane anführen; derartige Verhältnisse wiederholen sich auch sonst auf dem Chitinpanzer der Insekten, nur daß die Wärzchen gewöhnlich zu deutlichen Haaren auswachsen, wie auch schon bisweilen an den Antennen. Beweisender für eine Deutung der Antennen als Geruchsorgane scheint es uns, daß gerade bei den scharf riechenden Lamellicornien (und meist noch mehr bei den männlichen Individuen als bei den Weibchen) u. s. w. eine eigenthümliche Entwicklung der letzten Antennenglieder stattgefunden hat, die offenbar eine bloße Vergrößerung der weichen und

zarten, zwischen den Gliedern liegenden Hautflächen, die wir vornämlich als Geruchsorgan ansehen möchten, zum Zweck hat. In der Ruhe (und wie Bergmann bei Anisoplia beobachtet hat, auch bei Tastbewegungen gegen feste Körper) liegen diese Flächen dicht auf einander; sobald aber eine riechende Substanz einwirkt, werden sie durch einen passenden Mechanismus der Bewegung von einander entfernt. Will das Thier fliegen, so streckt es die aufgeblätterte Keule prüfend in die Luft u. s. w. Offenbar ist auch dieser Blätterbau für das Tasten nicht sehr geschickt. Der Einwand, welchen man von der vorgeblichen Trockenheit der Chitinmembranen hergenommen hat, ist, wie schon oben gezeigt, von zweifelhaftem Werthe und namentlich auf die im Zustande der Zusammenlegung gegen Verdunstung geschützten und sehr zarten Blätter dieser Antennen nicht anwendbar, sowie bei den einfacher gebildeten die Weichheit der Verbindungshäute zwischen den einzelnen Gliedern offenbar für einen durchfeuchteten Zustand spricht.

Welche Organe übrigens bei den Spinnen statt der fehlenden Antennen als Geruchswerkzeuge funktioniren, ist eben so unentschieden, als die Frage nach den Geruchswerkzeugen der Krebse. Nur bei den höheren Formen (den langschwänzigen Decapoden) kennt man hier ein Gebilde, dem man mit einiger Wahrscheinlichkeit eine derartige Funktion zuschreiben darf. Es liegt dieses in den Basalgliedern des ersten Fühlerpaares und besteht aus einer kleinen Höhle, die von einer weichen nervenreichen Haut ausgekleidet ist und durch eine Spalte an der obern Seite des Fühlergliedes nach außen führt.

Aehnliche Apparate, die man gleichfalls wohl mit Recht als Geruchswerkzeuge ansieht, besitzen die Cephalopoden. Sie erscheinen als zwei Grübchen von verschiedener Tiefe, die am hintern und untern Augenrande liegen, und im Grunde ein kleines papillenartiges Wärzchen mit einem starken Nervenstamme enthalten. In einzelnen Fällen sind diese Papillen auch ganz nackt oder nur von einem schwachen Ringwulst umgeben.

Den übrigen Mollusken fehlen solche Gebilde, und vielleicht auch sonstige eigentliche Geruchsorgane. Man hat die Tentakeln der Schnecken dafür gehalten, und in der blätterigen Beschaffenheit, die in manchen Fällen an die Struktur der Insekten-Antennen erinnert, bei dieser Deutung einen Anhaltspunkt gefunden. Man könnte auch noch hervorheben, daß die bisweilen zur Aufnahme derselben entwickelte Grube (Doris) den Bau der Riechwerkzeuge bei den Cephalopoden zu wiederholen scheinen. Was aber einstweilen noch alle diese Analogieen vernichtet, scheint uns der Umstand, daß auch Nautilus außer den Geruchswerkzeugen zwei ganz ähnliche blätterige Fühler besitzt, die doch jedenfalls wohl eine andere Bedeutung haben müßten.

Was man neuerlich bei den Landschnecken als Geruchsorgane beschrieben hat, ein langer, in der Mittellinie des Fußes verlaufender Kanal, der unterhalb des Mundes ausmündet, ist ein bloßer Sekretionsapparat.

Unter solchen Umständen müssen wir denn entweder annehmen, daß die Geruchsorgane bei den niederen Mollusken u. s. w. unseren bisherigen Beobachtungen noch entgangen sind, oder daß sie diesen Thieren überhaupt abgehen. Vielleicht, daß die ganze nackte Körperbedeckung im letzteren Falle einer, wenn auch nur wenig deutlichen, Geruchsempfindung fähig ist.

Der Gehörsinn. Wie der Mensch durch Selbststudium erfährt, ist sein Gehörorgan dazu eingerichtet, Schallschwingungen aufzufangen und in der eigenthümlichen Weise zum Bewußtseyn zu bringen, welche wir eben „hören" nennen. Wir unterscheiden an diesen Schallschwingungen die Stärke und Schwäche, so wie die eigenthümliche Beschaffenheit, welche auf dem Stoffe des schallerzeugenden Substrates, Metall, Holz, Glas, Stein u. s. w. beruht (timbre). Ferner wissen wir, daß Wiederholung gleich starker Schallschwingungen in gleichen und nicht zu großen Intervallen als Ton wahrgenommen wird, indem die einzelnen Schwingungen oder Stöße zu einem Totaleffekt verbunden werden. Den Ton nennen wir hoch oder tief nach der Anzahl der Schwingungen in einer Zeiteinheit. Endlich besitzen wir einigermaßen die Fähigkeit, zu unterscheiden, in welcher Richtung die Schallwellen zu uns

gelangen. *) Daß nun sehr viele Thiere ebenfalls den Gehörsinn besitzen, lehrt die tägliche Erfahrung sowohl, als es auch auf anatomischem Wege möglich ist, bei einer großen Thierreihe Organe nachzuweisen, welche theils mit der größten wissenschaftlichen Evidenz, theils mit mehr oder weniger Wahrscheinlichkeit, als Gehörwerkzeuge zu erkennen sind. Am sichersten gehen wir in dieser Hinsicht bei den Wirbelthieren, wegen der überall gleichen Lagerung und Bildung der wesentlichen Theile des Apparates. Aber auch unter den Wirbellosen werden wir Gehörorgane kennen lernen, welche kaum einem Zweifel über ihre Bedeutung Raum lassen.

Die Unterschiede der Gehörwerkzeuge sind sehr bedeutend. Was wir aber von diesen Unterschieden physiologisch zu deuten fähig sind, bezieht sich nur auf die Leitung des Schalles. Die Verschiedenheiten der Form des eigentlichen Empfindungswerkzeuges sind dagegen bis jetzt keiner bestimmten Deutung zugänglich.

In Beziehung auf die Verschiedenheiten des Gehörsinnes sind wir daher auf die direkte Erfahrung und auf allgemeine Vermuthungen über das Mögliche angewiesen. Die Erfahrung lehrt uns, daß das Gehör mancher höheren Thiere viel Aehnliches mit dem menschlichen hat. Sogar das musikalische Gehör kommt bei manchen Thieren entschieden vor. Das lehren die Tonbildungen namentlich der Singvögel, die Bildsamkeit ihres Schlages, der Umstand, daß schlagende Vögel in ein Musikstück mit harmonischen Tönen einfallen, bei Ausweichungen in andere Tonarten schweigen, selbst ihren Ton ändern u. s. w. **) Es ist aber vielleicht nicht allen Thieren, welchen Gehör zukommt, die Fähigkeit der Tonwahrnehmung gegeben und gewiß werden die Grenzen der Feinheit des Gehörs und die Länge der Tonleiter, ***) welche verschiedene Thiere wahrzunehmen vermögen, manchfach abweichend seyn. Der Bildung der Gehörorgane nach ist anzunehmen, daß sie nicht in gleichem Maße gut geeignet sind, die Richtung des Schalles zu erkennen, sowie auch für die Auffangung des Schalles nicht überall gleich gut gesorgt ist.

Um uns eine Uebersicht der Formenreihe der Gehörorgane der Wirbelthiere zu verschaffen, unterscheiden wir an denselben die wesentlichen und constanten Theile von den zufälligen, d. h. nur durch die speciellen Verhältnisse, in welchen die besondere Thierart lebt und hören muß, nothwendigen. Die letzteren können wir auch den Zuleitungsapparat nennen.

Betrachten wir beide Apparate bei einem Säugethiere und verbinden wir damit dann die vergleichende Darstellung der übrigen Klassen.

---

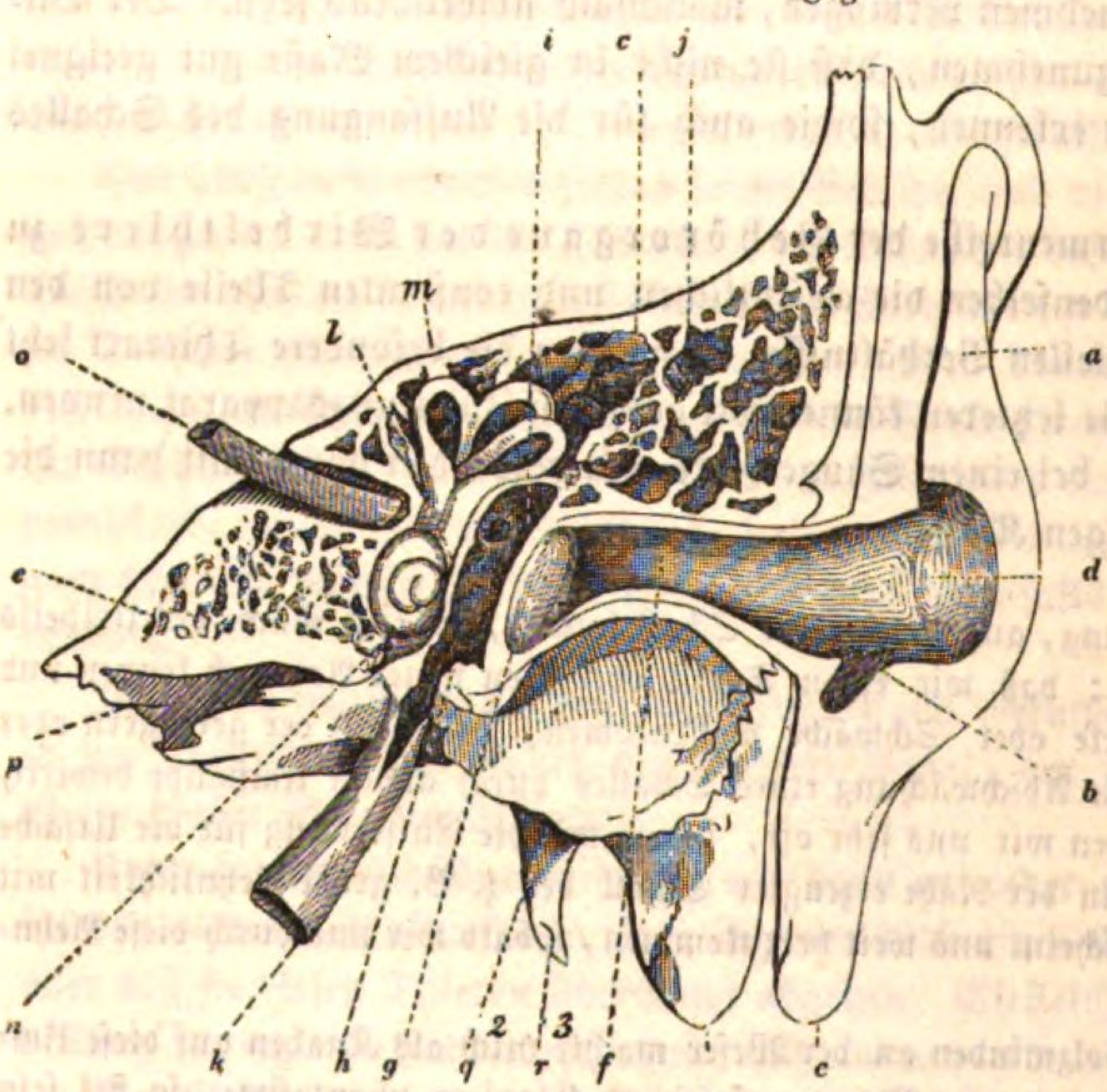
*) Die Erkennung der Entfernung, aus welcher der Schall kommt, ist eine Sache des Urtheils und beruht auf den zwei Umständen: daß wir einen Schall oder Ton seiner Art nach kennen und dabei ihn in einer bestimmten Stärke oder Schwäche wahrnehmen, welche auf der geringern oder größern Entfernung beruht. Wird die Abschwächung eines Schalles durch andere Umstände bewirkt, welche uns unbekannt sind, so täuschen wir uns sehr oft, indem wir die Entfernung für die Ursache der Schwäche halten. Ein schwacher in der Nähe erzeugter Schall der z. B. große Aehnlichkeit mit einem sehr fernen Flintenschuß hat, scheint uns weit herzukommen, sobald wir uns durch diese Aehnlichkeit täuschen lassen u. s. w.

**) Der Cantor Schumann in Holzminden an der Weser machte mich als Knaben auf diese Umstände aufmerksam. Wenn der erblindete alte Mann auf seinem Claviere phantasirte, so fiel sein Canarienvogel in der richtigen Tonart ein; wechselte die Tonart, so fing das Thierchen nach kurzem Schweigen an zu probiren, in einzelnen Tönen, bis es wieder in vollem Schlage einfallen konnte. Ich habe die Bemerkung später an anderen Exemplaren wiederholen können. Vergl. hier auch das Kap. von der Stimme. B.

***) Wollaston (s. deutsches Arch. f. Physiol. v. Meckel. 1823) gab an, daß verschiedene Personen in der Länge der Scala, welche sie hören, sich sehr unterscheiden. Einige vermögen dieselben hohen Töne nicht mehr wahrzunehmen, welche für Andere noch völlig hörbar sind. Solche Beobachtungen wurden namentlich in Beziehung auf die Töne gewisser Insekten gemacht. Finden sich schon bei Menschen merkliche Unterschiede dieser Art, so werden sie bei Thieren nicht fehlen, und wir bekommen hiemit eine Ahnung, daß vielleicht viele Thiere Töne bilden und hören, welche uns entgehen.

Das wesentliche Gehörorgan besteht aus einem künstlichen Höhlensysteme in jedem Schläfenbeine, in welchem ein entsprechend geformter häutiger hohler Apparat theils mehr schwimmt, theils auch dicht an den Wandungen haftet (knöchernes, häutiges Labyrinth). In dem häutigen Apparate sind an verschiedenen Stellen die Aeste des Gehörnerven verbreitet, so daß Schallschwingungen, welche die Flüssigkeit in den Höhlen des häutigen Apparates erschüttern, auf die Nerven wirken müssen. — Als Hauptheile des **Labyrinthes** unterscheidet man das **Vestibulum** mit den drei **halbkreisförmigen Kanälen** und die **Schnecke**. Das Vestibulum ist eine unregelmäßig gestaltete Höhle, welche durch mehrere Oeffnungen mit den halbkreisförmigen Kanälen und durch eine Oeffnung mit der Höhle der Schnecke zusammenhängt. Jeder der drei genannten Kanäle steht mit seinen beiden Enden in offener Verbindung mit dem Vestibulum. Es ergibt dieß aber nicht sechs Oeffnungen, da auch Verbindungen zwischen den Anfängen zweier solcher Kanäle stattfinden. An einigen dieser Verbindungsstellen zwischen den Kanälen und dem Vestibulum sind die häutigen Kanäle angeschwollen zu den sogenannten Ampullen. Das sind eben die Stellen, an welchen Nervenäste sich an das häutige Labyrinth begeben. Im Innern der Ampullen kommen sie auf eigenen Erhöhungen zur Endverbreitung. — Die Schnecke ist eine bei den Säugthieren wirklich sehr schneckenförmige Höhle, deren Windungen jedoch verschieden an Zahl sind. Sie weicht von den Höhlen gewöhnlicher Schneckenhäuser dadurch ab, daß sie nicht aus einem einfachen spiralig aufgewundenen Kanale besteht, daß der Kanal vielmehr durch eine theils membranöse Scheidewand, welche in ihm heraufsteigt (lamina spiralis),

Fig. 304.



a, b, c Aeußeres Ohr; *d* Beginn des äußern Gehörgangrs (*f*); *e* hinterer äußerer Theil d. Felsenbeines; *g* Trommelfell; dahinter *h* Trommelhöhle (ohne Gehörknöchelchen); *i* Oeffnungen, welche aus der Trommelhöhle in die Zellen (*j*) des Schläfenbeines führen. Dem Trommelfelle gegenüber sind fenestra ovalis und rotunda als dunkle Flecken angegeben. Diese und die Theile des Labyrinths sind vergrößert dargestellt. *k* Eustachische Röhre; *l* Vestibulum; *m* halbkreisförmige Kanäle; *n* Schnecke; *o* Gehörnerv; *p* Kanal für die Kopfarterie (Carotis); *q* hintere Wand der Gelenkhöhle für den Unterkiefer; *r* processus styloideus des Schläfenbeins.

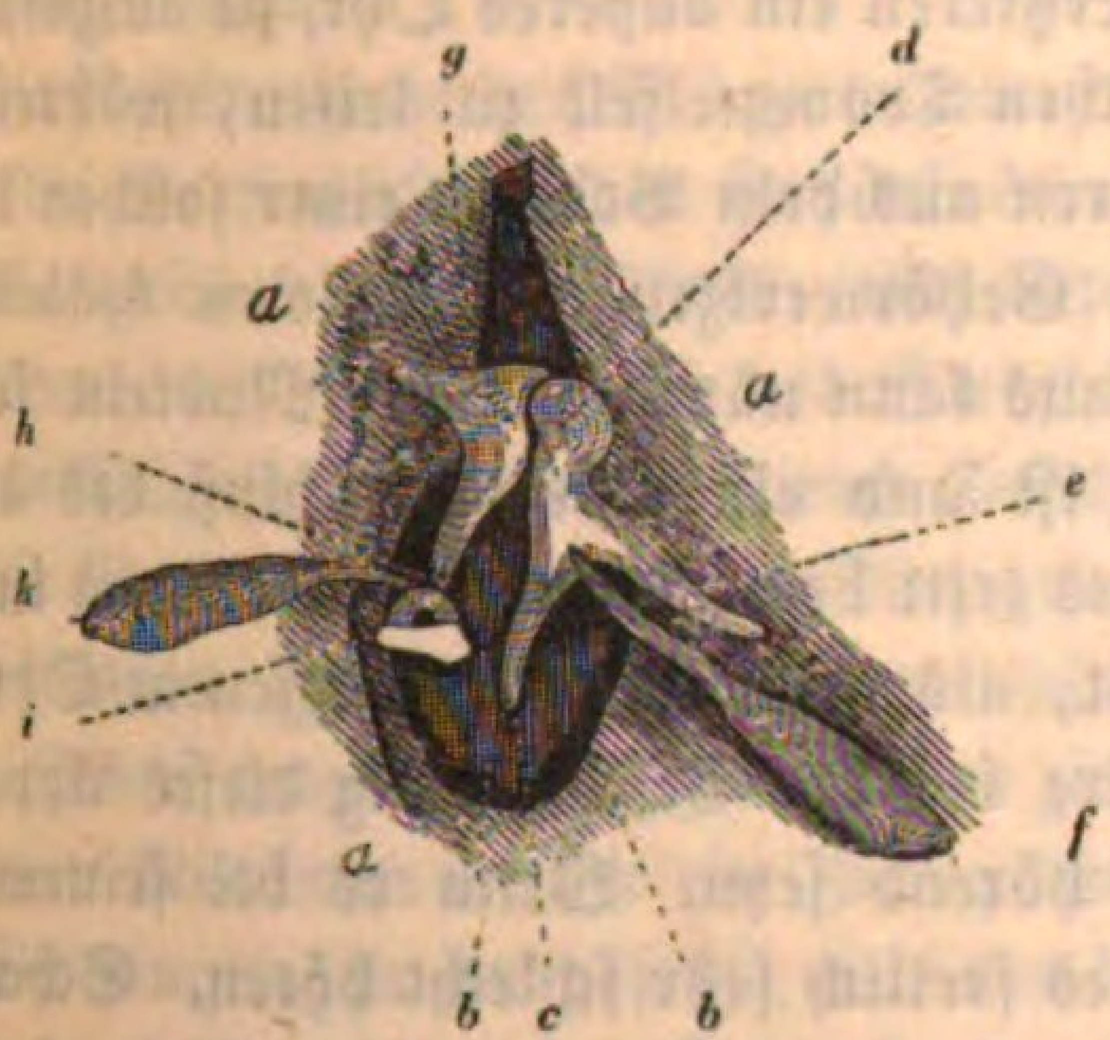
Senkrechter Schnitt durch das menschliche Gehörorgan.

in zwei über einander liegende Kanäle geschieden wird, welche nur an der Spitze der Schnecke durch eine feine Oeffnung zusammenhängen. In der Scheidewand ist ein anderer Ast des Gehörnerven verbreitet. Die beiden solchergestalt getrennten Windungen (scalae) werden als scala vestibuli und scala tympani bezeichnet. Die erstere nämlich ist es, welche mit dem Vestibulum zusammenhängt. Die andere hat zwar keinen offenen Zusammenhang mit der Paukenhöhle, ist aber doch an einer Stelle der Oberfläche des Knochens, wo derselbe von der Paukenhöhle begrenzt wird, so nahe, daß nur noch eine kleine Membran die Absperrung bewirkt. D. h. also, der Knochen hat hier ein häutig verschlossenes Loch, fenestra rotunda.

Ein ähnliches, auch durch Membran geschlossenes Loch zwischen vestibulum und Paukenhöhle heißt fenestra ovalis.

Dieses Labyrinth, in dem sogenannten Felsentheile des Schläfenbeins eingeschlossen, bedarf bei den Luftthieren eines Zuleitungsapparates, welcher hergestellt ist in dem äußern

Fig. 305.



a Die Gehörknöchelchen in ihrer Lage, von Innen nach Außen angesehen;
b Trommelfell;
c Fortsatz des Hammers, welcher am Trommelfelle befestigt ist;
d Kopf des Hammers;
e langer Fortsatz desselben;
f Muskel des Hammers;
g Ambos, dessen einer Schenkel durch *h* ein kleines Knöchelchen mit *i* dem Steigbügel verbunden ist;
k der Muskel des Steigbügels.

Ohre, äußern Gehörgange, Trommelfell, Trommelhöhle, Gehörknöchelchen und eustachischer Röhre.

Das äußere Ohr, als eine von faserigem Knorpel gestützte Hautausbreitung, ist bei den Säugethieren sehr verbreitet, jedoch keineswegs allgemein, und zeigt, wo es sich bei ihnen vorfindet, sehr verschiedene Ausbildung. Den übrigen Wirbelthieren fehlt es fast durchweg gänzlich. Bei den Vögeln findet sich meist nur eine ziemlich weite Oeffnung des kurzen Gehörganges ohne weitern Auffangungsapparat, als die regelmäßig um den Rand des Einganges gestellten Federchen. Bei den Eulen freilich erhebt sich schon eine Hautfalte von diesem Eingange und bildet eine Art von äußerem Ohre mit sehr weiter Oeffnung. Unter den Reptilien besitzt das Krokodil eine Klappe am äußern Gehörgange, welche aber weniger für die Auffangung von Schallwellen dienen kann, als zum Verschlusse des Ohres gegen das Wasser.

Das äußere Ohr der Säugethiere ist meist durch Muskeln in verschiedenen Richtungen beweglich. Indem es zur Auffangung von Schallwellen bestimmt ist, wird es im einzelnen Falle theils durch diese eigenen Muskeln, theils durch Bewegungen des Kopfes u. s. w. in die zum Hören günstigste Richtung gebracht. Mit dieser Thätigkeit verbindet sich dann sehr natürlich ein Urtheil über die Richtung, aus welcher der Schall kommt. Bei dem Menschen werden weniger Bewegungen der Ohren, als des Kopfes u. s. w. gebraucht, um ein Ohr in die Richtung zu bringen, aus welcher der Schall kommt. In schwierigen Fällen wird durch manchfaches Versuchen allmälig die richtige Stellung des Kopfes und damit ein Urtheil über die Richtung, aus welcher der Schall kommt, gewonnen. Auch bei den Thieren bemerkt man manchmal ein Spiel der Ohrenbewegung, welches ein solches Versuchen andeutet. Als Extreme für die Größenentwicklung des äußern Ohres kann man für die absolut bedeutendste Größe wohl den afrikanischen Elephanten, für die relativ bedeutendste manche Fledermäuse nennen. Es sind unter diesen besonders Insektenfresser, welchen sehr große Ohren neben kleinen Augen zukommen. Es scheint offenbar, daß diese Thiere im Dunkel des Abends nach dem Gehöre Insekten in der Luft fangen. Es gewinnt dabei ihre eigene lautlose Bewegung, welche sie, ebenso wie das entwickelte Gehörorgan, mit den Eulen theilen, eine besondere Bedeutung. Ein Thier, dessen eigene Bewegung geräuschvoll ist, kann während derselben keine leisen Töne hören.

Mangel des äußern Ohres bemerkt man unter den Säugthieren theils bei solchen, die stets oder großentheils im Wasser leben, wie den Walthieren und den meisten Phoken, theils bei einigen wühlenden Thieren, wie den Maulwürfen. Daneben ist bei manchen und ganz

besonders bei den Cetaceen, der äußere Gehörgang so gebildet, daß er gar nicht für die Auffangung der Schallwellen bestimmt seyn kann.

Dieß beruht nun eben auf dem wichtigen Unterschiede in den äußeren Bedingungen des Hörens: Schallwellen, welche durch feste Substanzen oder Wasser auf die Oberfläche des thierischen Körpers geleitet werden, erschüttern diesen leicht, während Schallwellen der Luft zurückgeworfen werden. Darum findet sich für die Letzteren ein äußeres Ohr, sie aufzufangen, ein äußerer Gehörgang, sie zu dem leicht beweglichen Trommelfell zu leiten, während die Leitung aus dem Wasser, oder bei wühlenden Thieren aus dem Boden, einer solchen Unterstützung nicht bedarf. In dieser Hinsicht sind die Gehörwerkzeuge von Sorex fodiens bemerkenswerth. Das äußere Ohr der Wasserspitzmaus kann nämlich durch Muskeln so eingezogen werden, daß es gar nicht mehr zu sehen ist und ein fester Verschluß des äußern Gehörganges dadurch erfolgt. Dieser Mechanismus tritt beim Tauchen des Thieres in Wirkung und es hört dabei wahrscheinlich völlig so gut, als an der Luft mit offenem Ohr. Es ist ein Mißverständniß, wenn Geoffroy St. Hilaire bei der Beschreibung dieses Apparates folgert: das Thier könne nach Belieben taub und hörend seyn. Wenn es bei seinem Aufenthalte in der Luft die Ohren schlösse, so würde es freilich sehr schlecht hören. Schwerlich aber ist der Apparat hiezu bestimmt. Auch hat Geoffroy gewiß nur nicht an die physikalischen Bedingungen des Hörens im Wasser gedacht. Aehnlich wird es wohl, wie oben schon angedeutet, mit der Ohrklappe des Krokodils stehen.

Der äußere Gehörgang beginnt in einer Vertiefung des äußern Ohres, wo dieses vorhanden ist; wo es fehlt dagegen mit einer Oeffnung in der Haut, welche namentlich bei Cetaceen sehr eng ist, bei einer Phokenart, wie James Clark Roß in seiner Reise nach dem Südpol erzählt, selbst ganz fehlen soll.*) Der Gehörgang ist gewöhnlich mehr oder weniger von Knochen umgeben und endigt nach Innen am Trommelfell, einer elastischen Haut, welche ringsum an einem knöchernen Rahmen befestigt ist. Diese bildet die Grenze gegen die Trommelhöhle hin, welche sich zwischen dem Trommelfell und dem innern Gehörorgane oder Gehörlabyrinthe befindet. Die Trommel- oder Paukenhöhle ist von sehr verschiedener Größe und Gestalt, oft mit bedeutenden Anhangshöhlen im Schläfenbeine u. s. w. versehen, innerlich mehr oder weniger abgetheilt durch Knochenwände, bald mit flachem, bald mit stark gewölbtem Boden u. s. w. An der Fläche des Felsenbeins, welche der Trommelhöhle zugekehrt ist, finden sich die beiden Fenster, das ovale und das runde, von welchen schon die Rede war. Zwischen dem ovalen Fenster und dem Trommelfelle ist die Reihe der Gehörknöchelchen eingeschaltet: an dem Trommelfell ist der Hammer angewachsen, in der fenestra ovalis steht der Steigbügel und zwischen diesen beiden Knöchelchen bildet der Ambos die Verbindung. Die Trommelhöhle jeder Seite mündet durch die Eustachische Röhre in den Schlund, so daß die Luft der Höhle ebenso, wie die des äußern Gehörganges, mit der freien Luft zusammenhängt. Es ist nun offenbar, daß das sehr leicht vibrirende Trommelfell seine Schwingungen durch die Gehörknöchelchen auf das ovale Fenster und somit auf das Vesti-

*) Daß der mit einer höchst engen Oeffnung beginnende, sich lang und gewunden unter der Haut bis zum Trommelfelle erstreckende Kanal der Cetaceen für die Auffangung von Schallwellen nicht geeignet ist, liegt auf der Hand. Man hat nun geglaubt, daß bei diesen Thieren die Eustachischen Röhren, welche durch die Nase mit der Luft in Verbindung stehen, die eigentlichen Schallzuleiter wären. Es würden hiernach die Schallwellen direkt in die Paukenhöhle gelangen, aber dann doch auch wohl zunächst das Trommelfell erschüttern u. s. w. Wiewohl diese Ansicht sich in gewisser Weise empfiehlt, so muß man doch gestehen, daß es für den Walfisch weit wichtiger seyn wird, zu hören, was im Wasser, als was in der Luft vorgeht. Letzteres Hören mag vorkommen, aber es ist von untergeordnetem Werthe. Empfohlen hat sich die Ansicht wohl dadurch, daß doch ein Paukenfell vorhanden ist. Vielleicht wird sich aber aus Ed. Weber's Arbeiten über das Gehörorgan ergeben, daß das Paukenfell für die Cetaceen auch noch einen anderen Nutzen haben kann, als Schallwellen aus der Luft aufzufangen.

bulum fortpflanzt. Das Wasser des Vestibulum läßt dann die Schallwellen gegen die Nervenendigungen in den Ampullen wirken und vermittelst der scala vertibuli auf die zwischen dieser und der scala tympani in der lamina spiralis ausgebreiteten Nervenfasern. Die Schwingungen der lamina spiralis sind dadurch begünstigt, daß das Wasser der scala tympani nicht überall von festen Knochen umgeben ist, sondern gegen die fenestra rotunda hin etwas ausweichen kann.

Die Gehörorgane der Vögel unterscheiden sich von denen der Säugethiere hauptsächlich durch die Vereinfachung der Gehörknöchelchen und der Schnecke, nebst dem schon besprochenen Mangel des äußern Ohres. Es findet sich hier ein auf dem ovalen Fenster stehendes Plättchen, wie das im Fuße des Steigbügels der Säugethiere. Von diesem aus geht aber bei den Vögeln ein langes feines Knöchelchen (columella) direkt an das Trommelfell, so daß die Verbindung durch einen einzigen Knochen gebildet ist, was sich auch bei den Reptilien ziemlich ähnlich findet, sofern nicht eine noch bedeutendere Reduction bei ihnen eintritt. Die Schnecke der Vögel ist eine ziemlich einfache, etwa kegelförmige Höhle, in welcher auf einer Membran wieder ein Zweig des Gehörnerven sich ausbreitet, in ähnlicher Weise den Schwingungen ausgesetzt, wie die lamina spiralis der Säugethiere. Denn auch hier trennt diese Membran den Schneckenraum in zwei Abtheilungen, deren eine die Schallwellen vom Vestibulum her empfängt, während die andere an das runde Fenster stößt.

Ob die Vögel im Allgemeinen, in Folge des Mangels eines äußern Ohres, gegen die durchschnittliche Feinheit des Gehörs der Säugethiere zurückstehen, dürfte sich schwer ermitteln lassen. Es ist jedenfalls wohl zu bedenken, daß ebensowohl in der ganzen Beschaffenheit des Schädels der Vögel, der Zartheit seiner lufthaltenden Knochen, als auch in der Kürze und Weite des Gehörganges und der Ausdehnung des Trommelfelles ein Gewinn für das Gehörorgan liegen dürfte, welcher jenen Nachtheil aufwiegen kann.

Bei den Reptilien finden sich mehrfache Reductionen, theils in der Bildung der Schnecke, theils im Zuleitungsapparate: Trommelfell, Hörknöchelchen, Trommelhöhle. Auch nehmen bei ihnen mehrere Knochen wesentlichen Antheil an der Umschließung des Labyrinthes.

Die Schnecke ist beim Krokodil noch ganz ähnlich der Vogelschnecke vorhanden, scheint mehr oder weniger ausgebildet überhaupt den beschuppten Reptilien zuzukommen, den nackten dagegen zu fehlen.

Das Trommelfell ist bei vielen sowohl nackten als beschuppten Reptilien vorhanden und dann entweder an der Oberfläche des Kopfes sichtbar, indem die äußere Haut nur in einer dünnen, fest mit dem Trommelfelle verwachsenen, Platte darüber hinweggeht, oder es ist versteckt durch eine dicke Platte der äußern Haut; ja selbst Muskeln gehen darüber hinweg. Nur bei dem Krokodile befindet sich äußerlich vom Trommelfelle noch eine Höhle, welche dem äußern Gehörgange höherer Thiere entspricht, und, wie oben bemerkt, durch eine Klappe geschlossen werden kann, wie die Gehörorgane von Sorex fodiens.

Trommelfell und Paukenhöhle fehlen unter den beschuppten Reptilien den Schlangen und mehreren Sauriern, unter den nackten der Mehrzahl der Genera. Von den Letzteren sind nämlich nur die ungeschwänzten Batrachier (meistens) damit versehen. Verschieden sind aber jene beschuppten Reptilien von den ebenfalls dieser Organe entbehrenden nackten dadurch, daß bei ersteren doch in der Regel eine zwischen den Muskeln steckende columella vorhanden ist, während die nackten meist nur ein einfaches Deckelchen auf der fenestra ovalis besitzen. Auch hier sind die unvollkommenen Bildungen des Zuleitungsapparates meist offenbar mit einer Lebensweise verbunden, welche an sich die Zuleitung der Schallwellen begünstigt. Die Schlangen liegen ganz an der Erde und empfangen deßhalb leicht von dieser aus hinreichende Schallwellen. Die nackten Reptilien leben großentheils im Wasser, einige in der Erde. Dieß thun freilich auch einige der besser ausgerüsteten, jedoch sind dieselben nicht auf den Wasseraufenthalt beschränkt. Es würde bei diesen Thieren noch näherer Beobachtung bedürfen, um im Einzelnen die Anpassung der Vollkommenheit dieser Werkzeuge an die Bedürfnisse nachzuweisen.

Ganz neue Erscheinungen treten uns entgegen bei Untersuchung der Gehörorgane der Fische, theils in der Ausbildung des Labyrinthes, theils in den eigenthümlichen Beziehungen, in welche das Gehörorgan hier mit gewissen anderen Theilen des Körpers tritt.

Am Labyrinthe der meisten Fische finden wir, während die Schnecke fehlt, das Vestibulum und die halbzirkelförmigen Kanäle wie gewöhnlich. Mit dem Vestibulum in Verbindung steht ein mehr oder weniger ausgebildeter Sack, welcher bei den Knochenfischen regelmäßig einige Gehörsteine enthält und nach den Untersuchungen der Entwicklungsgeschichte als vorübergehendes Gebilde auch bei höheren Thieren vorkommt. Diese Gehörsteine sind große kalkige Concremente von regelmäßigen Formen, — deren einer im Vestibulum, zwei in dem Anhangssacke jederseits vorzukommen pflegen, während sich bei den übrigen Wirbelthieren, vielleicht mit Ausnahme der Cyklostomen, bloße Anhäufungen, aber nicht Concremente feiner Krystallchen, des sogenannten Gehörsandes, im Labyrinthe finden. Eine besondere Beziehung derselben zum Gehörsinne ist freilich unbekannt, aber schon ihrer großen Verbreitung wegen wahrscheinlich (vgl. weiterhin über die Gehörorgane der Wirbellosen). Auch hat man besondere Verästelungen der Nerven, der Lage dieser Krystallisationen entsprechend, bemerkt.

Für eine künftige genauere Theorie der einzelnen Theile des Gehörapparates ist es von Wichtigkeit, daß unter den Cyklostomen noch eine weitere Vereinfachung des Labyrinthes vorkommt, aus welcher wir eine Ansicht über die wesentlichsten Theile des ganzen Apparates gewinnen können. Völlig constant ist nämlich nur das Vestibulum und ein halbkreisförmiger Kanal. Das Labyrinth der Myxinoiden besteht nur noch aus einer ringförmig in sich selbst zurückgebogenen Röhre, welche wir anzusehen haben als zusammengesetzt aus einem kleinen Vestibulum nebst einem halbkreisförmigen Kanale. Indem dieser an beiden Enden mit dem Vestibulum zusammenhängt, bildet er nothwendig einen Kreis mit demselben. Bei den Petromyzonten finden sich schon zwei Kanäle, die dicht an einem verhältnißmäßig größeren Vestibulum anliegen. Das ganze häutige Labyrinth ist dabei von einer einfachen knorpligen Kapsel ohne besondere Gänge für die halbzirkelförmigen Kanäle umgeben. Die Umgebungen des Labyrinthes der anderen Fische sind sowohl von diesen, als von denen der übrigen Thiere, als auch unter sich verschieden.

Bei den Plagiostomen, wo der Schädel knorplig ist, liegen die häutigen Labyrinthe in diesem Knorpel, wie sie bei den höheren Thieren im Knochen eingebettet sind, haben also ein vollständiges knorpliges Labyrinth zur Bekleidung. Dagegen besitzt der Schädel der Knochenfische jederseits neben der eigentlichen Schädelhöhle noch zwei Erweiterungen, mit welchen die mittlere Höhle in offenem Zusammenhange steht. In diesen Seitenhöhlen liegen die häutigen Labyrinthe theilweise ohne engere knöcherne Umgebung. Die Chimären und Störe bilden in dieser wie in mancher andern Hinsicht einen Uebergang zwischen Plagiostomen und Knochenfischen.

Schall zuleitende Apparate nach dem Plane der bei den höheren Wirbelthieren vorkommenden fehlen den Fischen durchweg. Wohl tritt bei einigen Knochenfischen der eine oder andere Theil des Labyrinthes der Schädeloberfläche sehr nahe; es ist auch wohl an einer solchen Stelle wirklich eine bloß häutig verschlossene Oeffnung im Schädel. Aber das kann denn doch höchstens mit einer fenestra ovalis verglichen werden, während Trommelfell u. s. w. nothwendig fehlen müssen. Das Trommelfell muß fehlen, insofern, wie die Entwicklungsgeschichte lehrt, das Trommelfell mit der Trommelhöhle aus einer ganz eigenthümlichen Verwendung einer Kiemenspalte hervorgeht, welche bei Knochenfischen sich nicht wohl denken läßt. Bei den Knorpelfischen, wo die einzelnen Kiemenspalten sich von einander mehr trennen, nicht in eine gemeinsame Kiemenhöhle auslaufen, wäre eine solche Einrichtung schon eher denkbar, kommt gleichwohl auch hier nicht vor. Die merkwürdigste Annäherung zwischen Knochenfischen und höheren Wirbelthieren würde in der von Huschke beschriebenen Einrichtung bei

Cepola taenia liegen. Bei diesem Fische soll nämlich von dem ersten Kiemenbogen, nahe seinem obern Ende, ein kurzer Fortsatz ausgehen, und sich an eine häutige Stelle des Schädels stützen, welcher von Innen her das Labyrinth anliegt. Es wäre hiemit eine fenestra ovalis und eine Art von Steigbügel gegeben, da dieser bei höheren Thieren ebenfalls als Auswuchs aus einem Kiemenbogen sich bildet. — Regelmäßig treten bei den Plagiostomen Annäherungen zwischen dem Labyrinth und der äußern Fläche des Körpers auf. Es ist eine sehr dünne Stelle des Hinterhauptes, zu welcher Kanäle aufsteigen, welche entweder nur Erweiterungen des knorpligen Labyrinthes sind, oder (was bei dem Rochen vorkommt) auch kanalförmige Erweiterungen des häutigen Vestibulum. Bei den Rochen sind die Verhältnisse ziemlich complicirt, einer speciellen physiologischen Erklärung jedoch nicht zugänglich. Mehrfach treten bei den Knochenfischen die Gehörorgane in verschiedene eigenthümliche Beziehungen zur Schwimmblase. Es stoßen entweder Anhänge des Vestibulum und Verlängerungen der Schwimmblase fast unmittelbar an einander, oder es liegt zwischen ihnen eine Kette von Knöchelchen, welche mit den vorderen Wirbeln so eingelenkt sind, daß sie leicht Erschütterungen von der Schwimmblase auf die Gehörorgane übertragen können. Jedoch unterscheidet sich ihre Aufstellung von der der Gehörknöchelchen der höheren Wirbelthiere unter andern auch dadurch, daß sie nicht in einer Höhle gleichsam frei schweben, wie jene fast überall, sondern in den Weichtheilen stecken. Die Verlängerungen des Vestibulum, welche sich mit dem vordern Ende dieser Knöchelchenreihe verbinden, kommen an der Hinterfläche des Schädels in zwei Oeffnungen jederseits vom foramen magnum zum Vorschein.

Diese Verbindung durch sogenannte Gehörknöchelchen ist sehr verbreitet, bei Karpfen, Welsen u. s. w. Weniger häufig ist die direkte Verbindung und kommt noch in wesentlich verschiedenen Formen vor. Bei einigen (Sparus, Holocentrum) ist das Verhältniß einfacher, während bei andern (Clupeen) die in eine Röhre nach vorn sich verlängernde Schwimmblase in zwei Aeste gespalten in die Basis des Schädels eindringt, wo sich jeder Ast nochmals in zwei Kanäle theilt, deren jeder in einer Knochenblase endigt, ein Paar weiter vorn, ein anderes mehr nach hinten. Mit jeder dieser vier Endigungen stehen Theile des Labyrinthes in inniger Berührung.

Bei den wirbellosen Thieren ist ein specifischer Apparat zum Aufnehmen der Tonwellen keineswegs so allgemein verbreitet, als bei den Wirbelthieren, wie schon oben angemerkt wurde. Bei sehr vielen dieser niederen Thiere, denen man früher ein derartiges Organ absprach, haben wir dasselbe freilich neuerdings gefunden; wir wissen jetzt, daß mancherlei Gebilde, die man sonst für Augen hielt, nichts Andres sind, als Gehörwerkzeuge, daß diese selbst, wie es scheint, weit tiefer hinabsteigen, als die Gesichtsorgane, aber immer sind uns noch bei einer großen Anzahl von Thieren derartige Apparate unbekannt. Können wir auch annehmen, daß dieselben in vielen Fällen sich bis jetzt nur unseren Nachforschungen entzogen haben; in anderen Thieren fehlen sie gewiß vollkommen. Ob diese letzteren dann taub sind, können wir mit Sicherheit noch nicht entscheiden, da wir, wie schon oben bemerkt, die nothwendigen Erfordernisse eines Gehörorgans nicht genau genug kennen, um z. B. zu beweisen, daß nicht schon ein specifischer Gehörnerve, der an irgend einer Stelle den äußeren Bedeckungen anliegt, auch ohne weitern Apparat die Schwingungen des Schalls, die diesen mitgetheilt werden, empfinden könne. Gäbe es aber so einfache Hörorgane, so würden sie natürlich äußerst schwierig als solche zu erkennen seyn. Ebenso wenig können wir sagen, wie sich die Wahrnehmungen des Schalles bei den niedrigsten Thieren, die selbst der Nerven entbehren, gestalten können und ob sie hier überhaupt möglich seyen.

Wo wir nun übrigens einen Gehörapparat bei den wirbellosen Thieren antreffen, ist er weit einfacher gebaut, als bei den höheren Wirbelthieren. Von einer Schnecke und selbst von halbkreisförmigen Kanälen ist nirgends eine Spur; wir finden als wesentliche Bestandtheile Nichts als ein häutiges Labyrinth, das eine Flüssigkeit, meist auch Otolithen, umschließt und mit dem Gehörnerven in Verbindung steht. Besondere Leitungsapparate sind auch hier nur

da angebracht, wo direkt aus der Luft die Schallwellen empfangen werden. Nur die Insekten besitzen solche Gebilde. Daß auch die Landschnecken trotz ihrem Aufenthalt auf dem Trocknen derselben entbehren, ist keine Ausnahme von diesem Gesetze. Wie die Kröten u. a. empfinden sie gewiß nur die aus der Erde oder von den Pflanzen, auf welchen sie eben sitzen, durch den gesammten Körper fortgeleiteten Schallwellen, und können solches auch um so besser, als sie ja bekanntlich mit der ganzen Bauchfläche ihres Leibes, dem sogenannten Fuße, aufliegen.

Unter den luftathmenden Insekten kennt man das Gehörorgan bis jetzt ausschließlich bei einigen Orthopteren, bei den Acridiern und Locustinen, bei denselben Thieren, die ja auch bekanntlich durch ihre Töne und die Entwicklung ihres Stridulationsapparates vor allen sich auszeichnen. Unstreitig besitzen auch noch andere Insekten,*) namentlich solche, die, wie die Cicaden, gleichfalls zu Produktion von Tönen befähigt sind, ähnliche Organe. Doch bisher hat man immer vergeblich danach gesucht, vielleicht wegen einer abweichenden und verborgenen Lage. Auch in den beiden genannten Familien der Orthopteren sind die Gehörorgane in dieser Hinsicht auffallend, nicht bloß weil sie an ganz anderen Stellen angebracht sind, als bei den Wirbelthieren, sondern auch deßhalb, weil sie selbst hier beträchtlich wechseln. Die Acridier tragen ihre Gehörorgane jederseits in dem ersten Abdominalsegment, am Rande des Metathorax, die Locustinen in den Schienen ihrer Vorderbeine. An der genannten Stelle liegt bei den Acridiern eine große rautenförmige Grube, die leicht auffällt und von einem festen Hornringe eingefaßt wird. Im Grunde ist dieselbe durch eine zarte Membran verschlossen. Diese Membran entspricht nun, wie man bald einsieht, in jeder Hinsicht dem Trommelfell der höheren Thiere. An der innern Fläche dieser Haut ist durch ein Paar horniger Fortsätze, die man etwa den Gehörknöchelchen vergleichen könnte, ein zartes Wasserbläschen von unregelmäßiger Form befestigt, das häutige Labyrinth. Der Gehörnerv entspringt vom dritten Brustganglion und bildet am Ende, wo er sich dem Labyrinthe anlegt, eine ganglionäre Verdickung, in der man ganz eigenthümliche stäbchenförmige Elemente von unbekannter Bedeutung antrifft. Nicht ohne Werth ist auch noch eine ansehnliche Tracheenblase, die neben dem Labyrinthe, demselben anliegend, sich ausbreitet und durch das stets offene dritte Stigma ausmündet. In dieser hat man wohl nach der Analogie mit den höhern Thieren ein Cavum tympani mit Tuba Eustachii sehen wollen, auch vielleicht nicht mit Unrecht, obgleich man ebenso gut an einen Vergleich mit der bei manchen Fischen vorkommenden Verbindung zwischen Labyrinth und Schwimmblase denken möchte. Sehr ähnlich ist das Gehörorgan der Locustinen gebaut, doch, abgesehen von der differenten Lage, vornehmlich darin verschieden, daß theils an jedem einzelnen derselben zwei einander gegenüberliegende spaltförmige Oeffnungen mit Trommelfell vorkommen, theils auch statt eines einzigen Labyrinthes eine größere Anzahl von kleineren Wasserbläschen, die in einfacher Reihe hinter einander auf dem bandförmigen Endganglion des Gehörnerven aufliegen. Der Nerv entspringt vom ersten Brustganglion und sogar mit verschiedenen Muskelästen aus demselben Stamme. Daß die beschriebenen Apparate zum Hören bestimmt seyen, geht aus dem Bau derselben wohl mit Evidenz hervor. Weniger zweifellos ist solche Deutung für einige andere Organe, die wir in der Klasse der Crustaceen bei einzelnen Arten kennen gelernt haben.

Zunächst bei den Decapoden. Bei diesen findet sich auf der untern Fläche des Basalgliedes an den hinteren oder äußeren Fühlern ein kleiner konischer Aufsatz mit vorderer Oeffnung, die von einer dünnen, doch in der Mitte meist geschlitzten Haut verschlossen ist. Im Innern enthält dieser Vorsprung eine Höhle mit einem zarten Schlauche, der sich bald in eine Wasserblase bauchig erweitert. Die letztere hat nun allerdings einige Aehnlichkeit mit

*) Manche Insekten scheinen aber wirklich taub. So z. B. die Fliegen, die man weder durch gellendes Pfeifen, noch durch Detonation eines Zündhütchens erschrecken kann, während eine Bewegung der Hand sie sogleich in die Flucht treibt.

einem Labyrinthe, zumal sich auch ein besonderer Nerv, der gemeinsam mit dem Fühlernerv direkt aus dem Oberschlundganglion entspringt, daran ausbreitet; doch ist trotzdem die funktionelle Bedeutung noch immer zweifelhaft, besonders wenn es sich bestätigen sollte, was man neuerlich behauptet hat, daß eine am Grunde der Blase gelegene Drüsenmasse von meist grünlicher Färbung darin einmünde. Ist die Blase aber wirklich ein Gehörapparat, so möchte es doch zweifelhaft bleiben, ob man die dünne Haut an der Vorderfläche des Vorsprungs richtig als ein Trommelfell bezeichnet. Freilich begränzt sie das Organ gegen das äußere Medium. Aber sie ist manchmal so klein, daß man sich wohl nicht dafür entscheiden kann, sie als Hauptzuleitungsorgan zn betrachten. Eine solche kleine Membran ist kaum für sich schwingend zu denken und hat gewiß bei Weitem nicht einen solchen Vorzug vor den anderen Wegen der Schallzuleitung (welche der ganze Körper der Wasserthiere bietet), wie ihn das Trommelfell der Luftthiere besitzt. Wir thun wohl am besten, uns in einem solchen Falle vor einem voreiligen Eingehen auf Deutungen der Einzelnheiten zu hüten. Immerhin unterscheidet sich das Gehörorgan der Decapoden in auffallender Weise von dem entsprechenden Apparate der übrigen niederen Wasserthiere, den wir sogleich noch näher kennen lernen werden.

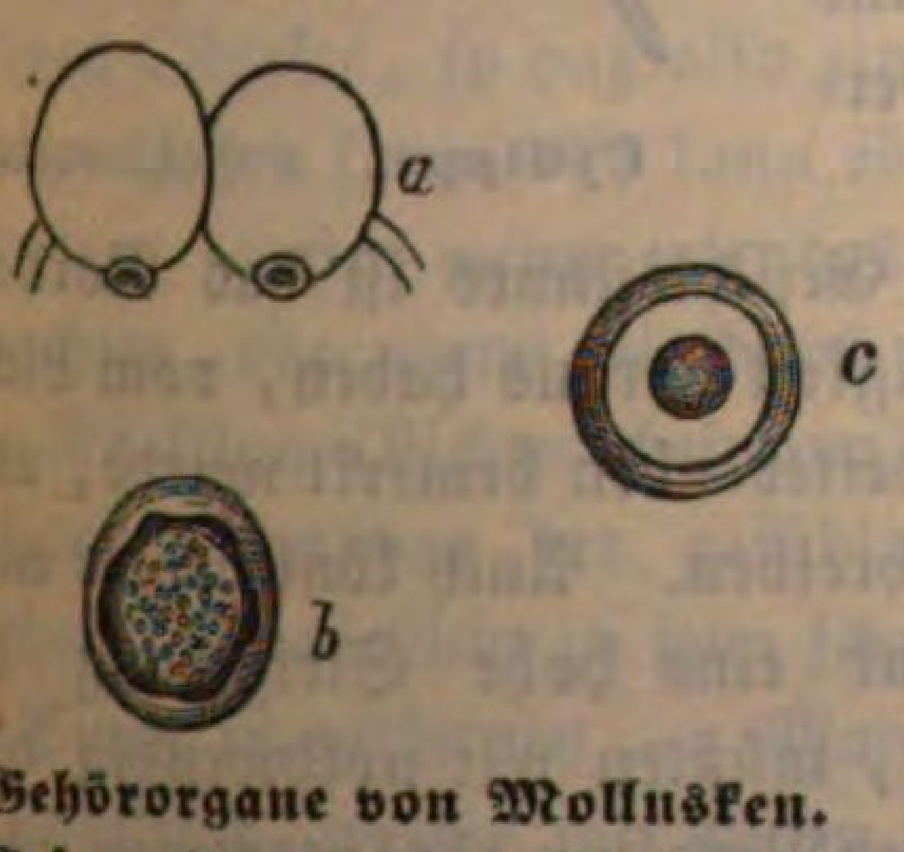
Weit größere Aehnlichkeit hiermit besitzt ein Gebilde, das bei Leucifer und einer kleinen durchsichtigen Palaemon-Art der Südsee gleichfalls in der Basis der Fühler, bei Mysis im Grunde der inneren Schwanzklappen vorkommt und eine bläschenförmige Höhle darstellt, in der ein rundlicher fester Körper, gleich einem Gehörstein, enthalten ist.

Gleiche Bildungen kennt man auch bei einigen, doch bis jetzt nur wenigen, frei lebenden Würmern. Unter den Kiemenwürmern namentlich bei Arenicola und einer kleinen Fabricia, wo die Bläschen auf einem kurzen, aus dem Schlundringe entspringenden Nerven oder auf dem Unterschlundganglion aufsitzen und eine größere Anzahl von unregelmäßigen kleinen Otolithen enthalten. So auch bei einigen Turbellarien (Monocelis, Convoluta u. n. a.), wo die Kapsel einfach ist, in der Mittellinie des Nackens auf der Oberfläche des Hirnes aufliegt und einen einzigen rundlichen Gehörstein enthält. Was uns zu der Annahme berechtigt, die eben erwähnten Gebilde seyen wirklich für die Perception der Schallwellen bestimmt, ist, wie schon erwähnt worden, die große Aehnlichkeit mit den Gehörorganen der Mollusken, die, in den höheren Formen unmittelbar an die bekannten Apparate der Fische sich anschließend, keinerlei Zweifel über ihre physiologische Bedeutung zulassen.

Bei den Cephalopoden, wo dieselben ihre höchste Entwicklung erreicht haben, bestehen sie aus einem einfachen häutigen Labyrinth von flaschenförmiger Gestalt, das einen unregelmäßigen großen Otolithen umschließt und jederseits am hintern Theile des Kopfknorpels in eine geschlossene Höhlung eingebettet ist. Die Gehörnerven nehmen aus einem Unterschlundganglion ihren Ursprung.

In ähnlicher Weise sind die Gehörorgane bei den übrigen Mollusken entwickelt, die, vielleicht mit Ausnahme der Tunicaten, sehr allgemein vorzukommen scheinen. Sie bestehen aus einer häutigen Blase (Labyrinth), die auf einem Gehörnerven aufsitzt und im Innern bald nur einen einzigen sphärischen Otolithen (bei den Lamellibranchiaten, den Heteropoden und einigen Nacktkiemern), bald eine wechselnde Anzahl ovaler kleinerer Gehörsteine (bei der großen Mehrzahl der Gasteropoden) einschließt. Auffallender Weise sind aber diese Gehörsteine in beständiger zitternder Bewegung. Wie man bei einzelnen Arten deutlich sieht, geschieht dieses durch die Action von Flimmercilien. Einer physiologischen Deutung ist diese merkwürdige Erscheinung noch nicht fähig; es läßt sich nicht bestimmen, in welcher Weise dieselbe auf das Gehör influire,

Fig. 306.



Gehörorgane von Mollusken.

a Fußganglien mit den aufsitzenden Gehörorganen von Lymnaeus; *b* Gehörkapsel mit zahlreichen Otolithen von demselben Thiere; *c* Gehörkapsel mit einfachem Otolithen von Cyclas.

wenigstens nicht eher, als bis überhaupt die funktionelle Dignität der Otolithen festgestellt ist.

Ein knorpliges Labyrinth, in dem die Gehörapparate eingeschlossen wären, muß bei der Abwesenheit eines knorpligen Skeletes, hier natürlich fehlen. Die Gehörblasen sind in größerer oder geringerer Entfernung von den Centraltheilen des Nervensystemes unmittelbar von den Weichgebilden umgeben. In einzelnen Fällen liegen sie so dicht auf den Ganglien, daß dann sogar ein eigener Hörnerv fehlt.

Beständig sind es, wie bei den Cephalopoden, die unteren Schlundganglien, mit denen die Gehörkapseln in Verbindung stehen. Nach der verschiedenen Lage dieser Theile muß aber natürlich auch bei ihnen eine große Verschiedenheit in der Lage sich geltend machen. So findet man die Gehörkapseln bei den Lamellibranchiaten in dem Fuße, bei den Nudibranchiaten oberhalb des Schlundes, bei den meisten übrigen Gasteropoden unterhalb desselben.

In der Abtheilung der Echinodermen sind bisher noch keine Gehörapparate aufgefunden, wohl aber bei den Akalephen, die im ausgebildeten Zustande, wie es scheint, ganz allgemein mit derartigen Organen versehen sind. Die Struktur derselben ist wie bei den Mollusken. Sie sind rundliche Bläschen mit einer Anzahl oscillirender Otolithen, die auch hier ihre Beweglichkeit der Anwesenheit von Cilien verdanken. Nur in einzelnen Fällen, namentlich bei den größeren Arten der Scheibenquallen, scheinen die Otolithen regungslos. Sie liegen dann in beträchtlicher Menge dicht auf einander und haben eine regelmäßige krystallinische Gestalt. Gewöhnlich ist dabei das Gehörorgan von einem rothen oder gelblichen Pigmentfleck umlagert, dessen Anwesenheit diese Gebilde in früherer Zeit als Augen deuten ließ, obgleich sie zum Sehen durchaus nicht dienen können, da ein Haufen von Otolithen nicht im Mindesten die Bedingungen einer solchen Lichtbrechung darbietet, wie sie zum Sehen nöthig ist. Ueberdieß stimmen sie in Lage und Anordnung mit den nicht pigmentirten Gehörorganen der übrigen Scheibenquallen vollkommen überein. Was der Pigmentfleck soll, kann man allerdings nicht recht einsehen. Wer wollte sich aber auch anheischig machen, von jedem Pigmentflecke eine specielle physiologische Deutung zu geben?

Fig. 307.



Cydippe. c Gehörorgan.

Die Rippenquallen besitzen nur ein einziges Gehörorgan am hintern Ende der Körperachse dicht auf dem daselbst gelegenen Ganglion, die Scheibenquallen eine größere Anzahl (4, 8, 16 und oft noch mehr) in der Peripherie der Körperscheibe. Bei den letztern sind dieselben (wenn sie pigmentirt sind) unter dem Namen der Randkörperchen bekannt.

Während des Ammenzustandes (bei den sogenannten Siphonostomen und Hydroiden) fehlen diese Apparate. Auch bei den Polypen scheinen sie in der Regel abwesend zu seyn. Nur bei einigen sehr wenigen Arten, die eine freiere Bewegung besitzen, bei einigen Lucernarien und bei Eleutheria hat man Organe entdeckt, die am Rande der Mundscheibe liegen und auch in ihrem Bau mit den Gehörorganen der Akalephen übereinstimmen.

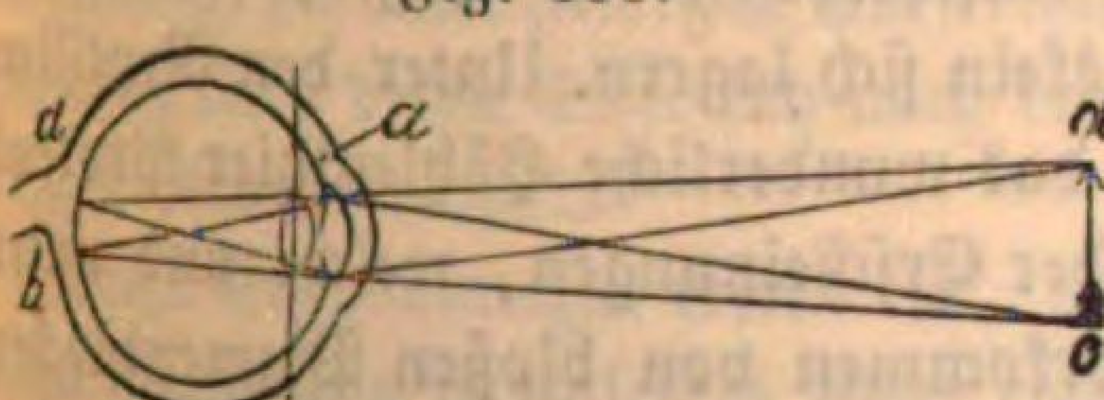
Der Gesichtssinn. Die wesentliche Voraussetzung des Gesichtssinnes ist das Vorhandenseyn sensibler Nerven, welche vor allen anderen die Fähigkeit voraus haben, vom Lichte erregt zu werden. Wir können diese Fähigkeit, wie schon weiter oben bemerkt wurde, auch nicht im geringsten Grade irgend einem andern Nerven zuschreiben. Auch können wir nicht sagen, daß die Fähigkeit der Lichtempfindung etwa nur eine hohe Steigerung der Empfindlichkeit sey. Denn um diese Ansicht zu begründen, müßten wir nothwendig darthun, daß der Sehnerv gegen jeden Reiz, welcher von anderen Nerven wahrgenommen wird, im höchsten Maaße empfindlich wäre: die zartesten Erschütterungen des Körpers müßten starke Lichterscheinungen bewirken. Der Sehnerve ist aber für mechanische Erschütterungen nur

in sehr mäßigem Grade empfindlich. Daher wir denn seine Funktionsweise bis jetzt durch eine weite Kluft von der aller übrigen Nerven getrennt sehen. Ist ein solcher zur Unterscheidung von Hell und Dunkel, sowie zur Unterscheidung der Farben geeigneter Nerv nun mit gewissen Hülfsapparaten verbunden, welche ihm die Lichtstrahlen auf eine regelmäßige Weise zuleiten, so dient er dazu, dem Thiere Kunde von leuchtenden oder Licht zurückwerfenden Gegenständen mitzutheilen.

Theils aus physikalischen Erkenntnissen, theils aus der Untersuchung der Funktion unseres eigenen Gesichtsorganes ergibt sich, in wie weit die Kunde, welche durch ein solches Organ erlangt werden kann, eine begränzte ist und wie sie bei verschiedenen Thieren verschieden begränzt seyn kann.

Die Hülfsorgane des Sehnerven haben bei den vollkommneren Augen hauptsächlich die Funktion, auf dem Sehnerven selbst, dessen Fasern sich zu einer Fläche ausbreiten, (Nervenhaut, Netzhaut, retina) Bilder der äußeren Gegenstände zu entwerfen, ebenso, wie in der Camera obscura durch Glaslinsen ein Bild von Gegenständen auf einer matten Glasplatte oder dergl. entsteht. Die beistehende Figur wird dieß veranschaulichen. Der Punkt a bildet sich bei b, der Punkt c bei d ab, die dazwischen liegenden Punkte dazwischen. Diese Bilder werden vom Sehnerven wahrgenommen, wie etwa eine mit dem Tastsinne begabte Hautfläche die Erhabenheiten und Vertiefungen eines Gegenstandes fühlt, mit welchem sie in Berührung gebracht wird. Was im letztern Falle das Objekt selbst leistet, das thut im Auge ein Bild. Es werden die einzelnen Theile desselben, da sie verschieden beleuchtet, verschieden gefärbt sind, von einander unterschieden; es wird, im einen wie im andern Falle, die Nebeneinanderordnung dieser verschiedenen Bestandtheile des Objektes aufgefaßt; das Tastorgan aber, indem es sich den Formen der Gegenstände anschmiegt, erkennt dieselben als in drei Richtungen ausgedehnt, während das Auge unmittelbar, dem Bilde auf der Netzhaut entsprechend, nur zwei Dimensionen, die Ueber- und Nebeneinanderordnung der Objekte, erkennt; die Wahrnehmung der Entfernung der Gegenstände ist Sache des Urtheils (wie bei dem Gehörsinn) und wird aus verschiedenen Umständen combinirt, wovon Einiges später zu sagen seyn wird. Das Auge (der Wirbelthiere) haben wir mit einer Camera obscura verglichen und es theilt mit diesem Instrumente auch die Eigenschaft, die Bilder umzukehren (vergl. die Figur): von einem vor uns stehenden Menschen haben wir ein Bild auf der Netzhaut, welches den Kopf abwärts kehrt u. s. w. Außer allen anderen Beweismitteln ist dieß sehr leicht an ausgeschnittenen Thieraugen wahrzunehmen. Man hat sich viel mit der Erklärung geplagt, wie es zugehe, daß wir dennoch die Dinge nicht auf dem Kopfe stehen sehen, man hat gesagt, das richtige Sehen entstehe erst durch eine Art Erziehung des Auges mittelst der Tastwerkzeuge u. s. w. Letzteres ist offenbar falsch, da wir unsere eigenen Hände ja ebensowohl durch ein umgekehrtes Bild gewahr werden, als alle übrigen Objekte, so daß also ein Widerspruch zwischen den Wahrnehmungen beider Sinne nicht entstehen kann. Es kann eben überall kein Widerspruch zwischen den Wahrnehmungen eintreten, außer wenn wir das Bild in einem Auge nochmals durch ein anderes Auge betrachten, oder wenn wir durch Druck auf unser Auge (auf den Seitentheil des Augapfels) eine Affektion (Lichterscheinung) des Sehnerven veranlassen. Dann ist ein Widerspruch vorhanden zwischen der gefühlten Oertlichkeit der Berührung und der Oertlichkeit, an welcher uns das Licht zu seyn scheint. Dieser Widerspruch ist aber auch durch keine Erziehung der Sinne zu entfernen. — Man muß sich in Beziehung auf diese Frage aber sagen, daß die Lokalität, welche wir einem Eindrucke zuschreiben, überall nicht so ohne Weiteres durch die Lage der Nervenendigungen in unseren Sinnesorganen bedingt wird, sondern anderweite Bedingungen in den Centraltheilen des Nervensystems haben muß. — Solche vollkommene,

Fig. 308.



ein Bild der äußeren Gegenstände entwerfende, Augen sind bei den Wirbelthieren sehr regelmäßig vorhanden. Gering ist die Anzahl unter ihnen, bei welchen dieser Apparat mangelhaft gebildet ist und keines derselben findet sich unter den Vögeln. Wo aus der mangelhaften Entwicklung des Organes ein wenig entwickelter Sinn geschlossen werden kann, da liegt meist in der Lebensweise eine Erklärung dafür: die Thiere leben unterirdisch als Wühler, oder in unterirdischen Gewässern, oder im Schlamme u. s. w., so daß sie doch nicht oder nicht viel würden sehen können, auch wenn sie bessere Augen hätten. Durch reichlich vorhandene Nahrung oder anderweite Sinnesfeinheit muß dann für sie gesorgt seyn. So ist das scharfe Gehör des schlecht sehenden Maulwurfes bekannt genug, und Tellkampf bemerkte bei dem blinden Höhlenfische, Amblyopsis, eine große Empfindlichkeit gegen Erschütterungen des Wassers. Ein schlechtes Gesicht verräth sich übrigens unter den Säugethieren bei einigen Wühlern, theils durch die sehr kleinen Augen, theils auch durch kaum sichtbare Augenlidspalten. Unter den Reptilien und Fischen gibt es aber entschieden solche Augen, über welche nicht bloß eine dicke Haut hinläuft, sondern selbst Muskeln sich lagern. Unter den Reptilien sind namentlich einige nackte anzuführen, von welchen das wunderliche Höhlenthier Proteus besonders bekannt ist. Besonders zu beachten wegen der Erscheinungen, welche uns unter den Wirbellosen häufiger begegnen werden, ist das Vorkommen von bloßen Pigmentflecken an der Stelle der Augen bei dem Amphioxus. Viel mehr hat man auch bei Amblyopsis nicht wahrgenommen. — Offenbar haben manche dieser Thiere nur eine Unterscheidung von Hell und Dunkel. — Alle vollkommneren Augen der Wirbelthiere entwerfen aber ein Bild der Gegenstände. Fragen wir, in welcher Hinsicht dasselbe dem Originale entsprechen kann? Finden wir nothwendige Grenzen der Aehnlichkeit, so sind diese sicher auch Grenzen für die Fähigkeit des Sinnesorganes, uns Kunde von den Gegenständen selbst zu verschaffen, da der Nerv nur das Bild erhält. Sehr möglich muß es aber erscheinen, daß die Grenzen für die Richtigkeit unserer Auffassung noch enger ausfallen, indem der Sehnerv wieder das Bild, welches auf ihm dargestellt wird, nicht in aller Feinheit, in allen Schattirungen aufzufassen vermag.

Wir wollen ohne Weiteres annehmen, das Bild im Auge sey insofern den Objekten völlig ähnlich, daß alle Theile des Bildes, von einem bestimmten im Auge liegenden Punkte aus visirt, in gleichen Winkelentfernungen von einander erscheinen, als die Theile des Objektes selbst, wenn sie ebenfalls von einem bestimmten im Auge liegenden Punkte aus visirt werden. Nothwendig hängt aber die Größe und Lichtstärke der Bilder, außer von den Objekten selbst, auch von ihrer Entfernung vom Auge ab. Es ist bekannt, daß die Größe eines Bildes, welches wir von einem Gegenstande durch eine Linse erzeugen, durch die Entfernung der Linse von dem Objekte so bedingt wird, daß Bild und Gegenstand gleich groß werden, wenn die Entfernung zwischen Linse und Objekt die doppelte Fokalweite ist. Für alle größeren Entfernungen des Objektes ist das Bild kleiner, und kann ohne Beschränkung immer kleiner werden, indem das Objekt, immerhin von mächtiger Größe, sich in schrankenlose Entfernung begibt. Da nun aber die Bilder der Gegenstände sich in einem bestimmten Verhältnisse immer mehr von der Linse entfernen, wenn das Objekt sich derselben annähert, das Auge aber von bestimmter, begränzter Größe, die Entfernung der bildempfangenden Hinterfläche von den Theilen des optischen Apparates eine gegebene ist, so würden sich auf der empfangenden Fläche scharfe Bilder nur von Gegenständen aus einer ganz bestimmten Entfernung entwerfen können. Nur durch die Veränderlichkeit der brechenden Kraft des optischen Apparates wird es unter diesen Umständen möglich, daß sich scharfe Bilder von Gegenständen aus verschiedenen Entfernungen im Auge abbilden. Diese Veränderlichkeit ist nun eine begränzte; sie geht nicht so weit, daß noch von sehr nahen Gegenständen scharfe Bilder erzeugt werden könnten. Bei sog. normalen menschlichen Augen pflegt ein Gegenstand schon undeutlich gesehen zu werden, wenn er näher als acht Zoll an das Auge gebracht wird. Wir können deßhalb sagen, daß die Bilder in den Augen des Menschen und der Thiere auch bei der günstigsten Annäherung immer bedeutend kleiner ausfallen, als

die Gegenstände, und stets um so kleiner werden, je weiter die Gegenstände entfernt sind. Daß mit der zunehmenden Entfernung eines Gegenstandes die Lichtmenge abnimmt, welche er unserem Auge sendet, bedarf keiner Erläuterung. Es knüpfen sich hieran die aus der gemeinsten Erfahrung bekannten Beschränkungen unseres Sehvermögens: daß wir wirklich die Gegenstände um so kleiner und undeutlicher sehen, je weiter sie (über etwa 8 Zoll hinaus) von unseren Augen sich befinden. Betrachten wir z. B. einen Kupferstich in der Nähe, so unterscheiden wir die sämmtlichen Linien und Punkte, aus welchen die Zeichnung besteht. In etwas größerer Entfernung verschmelzen diese Linien so mit dem weißen Grunde, daß die verschiedenen Theile der Zeichnung, je nach den Verhältnissen von Schwarz und Weiß, welche sie enthalten, als Licht und Schatten hervortreten und so der Absicht des Künstlers entsprechen. Nimmt die Entfernung noch weiter zu, so verschwimmen auch die kleineren dieser Licht- oder Schattenstellen mit den benachbarten, man sieht nur noch größere Massen, bis endlich, bei einer gewissen Entfernung, die ganze Fläche des Bildes nur e i n e Schattirung erkennen läßt, deren Tiefe sich nach dem Verhältniß der Gesammtmasse von Schwarz zu dem weißen Grunde richtet.

Diese Erscheinungen treten ein, ohne daß wir Grund zu der Annahme hätten, daß die kleine Zeichnung in unserem Auge eigentlich unvollkommener geworden wäre; wir wissen nur, daß sie kleiner geworden ist, und dürfen daraus den Schluß ziehen, daß unser Sehnerv nicht im Stande ist, Eindrücke verschiedener Beleuchtung, welche in allzu kleinen Zwischenräumen mit einander wechseln, von einander zu unterscheiden; sie fließen für unsere Wahrnehmung zusammen. Durch diese Darstellung wollten wir die Frage herbeiführen, ob nicht bei verschiedenen Thieren das Sehen in bestimmten Entfernungen einen sehr verschiedenen Grad von Vollkommenheit haben muß, wenn es ausgemacht ist, daß die Bilder auf ihren Netzhäuten verschiedene Größe haben müssen? Wir wollen hier zunächst auf die Benutzung der Erfahrung, welche verschiedenen Thieren ein verschieden gutes, verschieden weit reichendes Gesicht ja allerdings zuschreibt, verzichten.

Einige sehr nahe liegende Betrachtungen werden der ausgesprochenen Vermuthung dennoch wohl einen bedeutenden Grad von Wahrscheinlichkeit verleihen. Das Bedürfniß der Thiere ist so sehr verschieden, daß viele derselben sicher ganz ohne Gesichtswahrnehmungen ihr Leben führen. Bei einigen anderen ist das Sehen offenbar sehr beschränkt, bis auf eine bloße Wahrnehmung von Licht und Dunkel reducirt, wie man mit Sicherheit schließen kann, wenn man Augen unter dicker Haut begraben findet. Schon daraus wird es annehmbar, daß auch die mit besseren Gesichtswerkzeugen begabten Thiere eine manchfaltige Abstufung der Tauglichkeit dieser Organe darbieten werden. Nun muß aber namentlich das Bedürfniß der Thiere in Bezug auf Nahe- und Fernsehen sehr verschieden seyn. Der Kreis von Gegenständen, mit welchem die verschiedenen Thiere durch Nahrungs- und Schutzbedürfnisse in Beziehung gesetzt werden, ist nothwendig ein räumlich engerer, wenn die Bewegungsfähigkeit eines Thieres eine beschränkte, er kann und wird im Allgemeinen um so weiter seyn, je mehr die Bewegungsfähigkeit des Thieres groß ist. Ganz im Allgemeinen sind nun Bewegungsfähigkeit und Größe der Thiere einigermaßen verknüpft, die größeren durchschnittlich zur Durchlaufung größerer Räume in gleichen Zeiten befähigt, als kleinere. Sie haben also auch durchschnittlich gutes Sehen in der Entfernung nöthiger, als kleinere Thiere, es kann jenen nützlich seyn, wo es diesen überflüssig wäre. Es muß ferner das Bedürfniß des Nahe- und Fernsehens auch deßhalb in einigem Bezuge zur Größe des Körpers stehen weil das Auge ohne Zweifel sehr vielfach von Einwirkung auf die Leitung der Bewegung der Extremitäten seyn muß. Sollen die Bewegungen der Extremitäten kleiner Thiere, Ortsbewegung, Hanthieren von Nahrungsmitteln, Einführung derselben in das Maul u. s. w., genau vom Auge wahrgenommen und geleitet werden, so müssen diese kleineren Thiere in größerer Nähe sehen können, als es der Mensch und gewiß viele große Thiere vermögen.

Also: große Thiere müssen im Allgemeinen besser für die Ferne, kleinere besser für die Nähe sehen. Nun finden wir, eben so im Allgemeinen, daß die Größe der Augen, wie vieler anderer Organe, mit der Größe des Thieres zu- und abnimmt. Wir finden bei einiger Ueberlegung, daß in größeren Augen die Bilder größer ausfallen müssen, und daß darum wohl die größeren Augen in Beziehung auf Objekte, welche über eine bestimmte, nicht bedeutende Entfernung hinaus liegen, gegen kleinere im Vortheil seyn können.

Von großem Gewichte für diese Ueberlegung ist uns der Bau der Vögel. Wir finden bei ihnen verhältnißmäßig sehr große Augen, deren Größe wir, den Maaßstab z. B. von den Säugethieren entnehmend, weit mehr im Verhältniß zu der Bewegungsfähigkeit, als zu der körperlichen Größe dieser Thiere selbst sehen. Die mächtige Entwickelung dieser Organe hat stets Verwunderung erregt und ist mit der bekannten Fähigkeit des Fernsehens der Vögel in Beziehung gebracht. Jedoch hat man mehr von scharfem Gesichte im Allgemeinen, von hoher Entwickelung des Organes und seiner Funktion gesprochen, ohne die Frage eigentlich mit Präcision zu behandeln, in wie fern denn durch diese großen Augen genützt sey. Die Frage nach dem eigentlichen Werthe dieser mächtigen Entwickelung erschien mir aber um so dringender, das Vorhandenseyn eines sehr bestimmten Werthes um so sicherer, als eben die Größe der Augen bei den Vögeln in anderer Hinsicht etwas Anomales ist. Es ist nämlich aus Gründen, welche in der Bewegungsweise der Vögel liegen, der Kopf derselben im Ganzen äußerst leicht und zart gebildet, wie auch schon bei Gelegenheit ihrer Geruchswerkzeuge zur Sprache kam. Von der Sparsamkeit aber, welche sich sonst in der Ausrüstung des Vogelkopfes so ungemein deutlich ausspricht, machen nun eben die Augen eine höchst auffallende Ausnahme.*) Wir können also um so sicherer sagen, daß die Größe dieser Augen einen bestimmten Nutzen haben muß, und können denselben zunächst darin sehen, daß sich in diesen großen Organen große Bilder der Gegenstände entwerfen. Bis jetzt sehen wir aber nur, wie die größeren Augen für die Ferne, nicht wie die kleineren für die Nähe ein Vortheil seyn können. Hierüber hätte ich Folgendes zu sagen: das menschliche Auge und jedes ihm ähnliche (ohne Zweifel mindestens die Augen aller Wirbelthiere) haben zwar die Fähigkeit, von Gegenständen in verschiedenen Entfernungen scharfe Bilder zu erhalten, aber sie erhalten dieselben nicht gleichzeitig. Nur nach einander, wenn auch in sehr kurzen Zeitzwischenräumen, und nur in Folge gewisser innerer Veränderungen des Auges, welche eine Umänderung der Lichtbrechung bewirken, sind wir im Stande, Gegenstände in merklich verschiedenen Entfernungen deutlich zu sehen. Die Fähigkeit eines gesunden menschlichen Auges geht etwa so weit, daß es bei größter Herabstimmung der Brechungskraft die Bilder unendlich entfernter Gegenstände mit Schärfe entwirft, während es durch die größte Anspannung derselben fähig wird, Objekte in Entfernungen von 8, zuweilen noch von 6 Zoll, genau abzubilden. Ist das Auge aber kurzsichtig, so beschränkt sich die Fähigkeit des Sehens in die Ferne in hohem Maaße, während die Fähigkeit, in der Nähe zu sehen, in Etwas zunimmt, so daß bei einem sehr kurzsichtigen Auge die Fähigkeit des scharfen Sehens innerhalb zweier Grenzen liegt, welche nur um einige Zoll von einander entfernt sind. Aus der Optik läßt sich leicht darthun, daß die eigentliche Anstrengung in einem kurzsichtigen Auge, welche nöthig ist, um sich den verschiedenen, innerhalb so enger Gränzen gelegenen Entfernungen anzupassen, ebenso groß seyn kann, als die Anstrengung eines normalen Auges, um sich den Entfernungen anzupassen, welche zwischen seiner Nähegrenze und der unendlichen Entfernung liegen. — Rufen wir nun zurück, daß kleineren Thieren das Sehen in die Entfernung meist wenig oder nichts nutzen

*) Ich fand bei zwei Wägungen, die eine bei Cypselus apus, die andere bei einer jungen Eule (von nicht bestimmter Species) angestellt, das Gewicht der beiden Augen zusammen zum Gewichte des übrigen Kopfes, fast wie 1 : 2 (Cypsel: Kopf mit Augen 3,86 Gramm. Augen, 1,21 Gramm. — Eule: Kopf mit Augen 40,01 Gramm. Augen 12,67). Bei einer weniger ausgewachsenen Eule betrugen dagegen die Augen nicht voll 1/6 des Kopfes mit Augen. Ebenso bei einer erwachsenen Strix flammea. Auch dieß Verhältniß ist noch immer ein sehr ansehnliches.

kann, während das Sehen in großer Nähe ihnen wichtig ist, daß das Sehen in der Entfernung, bei der Kleinheit ihrer Augen, wohl immer ein weniger werthvolles seyn würde, so wird es wahrscheinlich, daß ihre Augen auch in Hinsicht auf den Brechungszustand gar nicht für irgend weitere Entfernungen, sondern nur für die Nähe eingerichtet sind. Daß sie das Vermögen der Anpassung in dem Maaße besäßen, daß es sowohl für große Nähe, als auch für weiteste Ferne ausreichte, ist sowohl darum unwahrscheinlich, weil die eine Vollkommenheit wenig nützen würde, als auch darum, weil zur Erreichung dieser überflüssigen Vollkommenheit eine sehr große Kraft im Auge aufgeboten werden müßte. Also: große Augen sehen im Allgemeinen für alle Entfernungen, für welche sie ihren Brechungszustand einrichten können, besser als kleine. Die kleinen Augen sind wahrscheinlich sehr gewöhnlich kurzsichtig und genießen dadurch den Vortheil, in größerer Nähe, somit auch große Bilder der ihren Inhabern wichtigen Gegenstände, sehen zu können.

Einige Beschreibungen müssen wir noch nachtragen, welche zur Vereinfachung der Darstellung bis jetzt zurückgelassen wurden. Die Größe der Bilder hängt nicht unbedingt von der Größe (Volumen) der Augen, sie hängt noch weniger gleichmäßig von allen Durchmessern des Auges ab. Es ist vielmehr in dieser Hinsicht die sog. optische Achse des Auges (eine Linie von dem vordersten Theile der Hornhaut durch den Augenstern oder die Pupille in den hintersten Theil des Auges gerichtet) von besonderer Wichtigkeit und findet sich auch bei den Augen der Vögel vorzugsweise ausgebildet. Natürlich muß auch der Hintergrund des Auges eine passende Form und Ausdehnung haben, um die Bilder zu empfangen. Endlich ist auch die Vertheilung der lichtbrechenden Wirkungen im Auge noch von Einfluß. Eine zweite Bedingung wird uns, indem wir sie uns klar machen, zur Anleitung neuer Ueberlegungen. Für ein und dasselbe Auge ist es gewiß, daß die Genauigkeit, mit welcher dasselbe ein Objekt erkennt, in direkter Abhängigkeit von der Größe des Bildes auf der Netzhaut ist. Es ist auch wohl keinem Zweifel mehr ausgesetzt, daß im Allgemeinen unsere vorhin begründete Annahme ihre Richtigkeit hat, nämlich, daß auch das Thier ein Objekt genauer sieht, welches ein größeres Bild desselben auf seiner Netzhaut empfängt. — Wir müssen aber anerkennen, daß die Empfindlichkeit der Netzhaut, besser gesagt, die größere oder geringere Feinheit des Unterscheidungsvermögens derselben, dabei ebenfalls eine Rolle spielen kann. Wir nähern uns hier freilich einem Gegenstande, welcher bei der augenblicklichen Lage des anatomischen und physiologischen Wissens vorsichtig behandelt seyn will. Aber schon das, was wir über die Funktion der menschlichen Netzhaut wissen, berechtigt und nöthigt uns zugleich, diese Frage zu berühren. Die menschliche Netzhaut ist in verschiedenen Gegenden in sehr verschiedenem Grade mit der Feinheit des Unterscheidens begabt. Es ist nur ein sehr beschränkter Punkt (am hintern Ende der optischen Achse), welcher diese Feinheit in hohem Grade besitzt. Eben dieß ist die Ursache, weßhalb wir unsere Augen, wie wir sagen, „nach den Gegenständen richten," welche wir genau sehen wollen. Dieses „Richten eines Auges" ist eben nichts Anderes, als die uns sehr geläufige Hervorbringung einer solchen Stellung des Auges gegen das zu untersuchende Objekt, daß dessen Bild eben auf jenen so fein unterscheidenden Theil der Netzhaut zu stehen kommt, oder, was dasselbe ist, daß das Objekt in der Verlängerung der optischen Achse liegt. Nach allen Seiten von diesem Punkte aus nimmt die Feinheit des Sehens sehr rasch ab, was man durch gewisse einfache, aber allerdings einige Uebung voraussetzende Versuche beweist, welche nur darin bestehen, daß man seine Aufmerksamkeit auf Gegenstände richtet, ohne das Auge (d. h. seine optische Achse) selbst darnach zu richten, so daß der Gegenstand unter größerem oder geringerem Winkel seitwärts von der optischen Achse liegt. Ohne nun weiter in die, zur Erklärung dieser Erscheinung sich darbietenden Hypothesen einzugehen, wird man wenigstens sich der Vermuthung nicht entschlagen können, daß der solchergestalt bevorzugte Theil der Netzhaut nur dadurch sein feines Unterscheidungsvermögen besitze, daß sich auf ihm in kleinerem Raume eine weit größere Anzahl von Nervenendigungen zusammengedrängt finden, als in den übri=

gen Gegenden dieser Nervenhaut. Wir finden bei Untersuchung der Haut, daß die Feinheit des räumlichen Unterscheidungsvermögens mit der Zahl von Nervenfasern zunimmt, welche einer Hautstrecke zugetheilt sind; wir finden, daß diese Feinheit im Auge, welches so sehr viele Nervenfasern enthält, größer ist, als in irgend einem Theile der Haut und dürfen wohl schließen, daß die im Auge selbst wahrnehmbaren funktionellen Verschiedenheiten wieder auf derselben anatomischen Basis beruhen. Somit kommen wir zu dem Resultate, daß die Größe des Bildes im Auge wohl nur in dem Maaße ein genaues Sehen möglich macht, als damit eine Ausbreitung des Bildes über eine größere Zahl von Nervenendigungen verbunden ist.

Dadurch aber stehen wir der Frage gegenüber: nach welchem Maaße die Vertheilung der Nervenendigungen in den Augen verschiedener Thiere angeordnet seyn mag? Die äußerst schwierige Anatomie der Netzhaut ist bis jetzt nicht im Stande, diese Frage zu lösen, aber es ist anzunehmen, daß die einstige Lösung Licht über manche Eigenthümlichkeiten des Sehens verschiedener Thiere wird verbreiten müssen. Denken wir uns beispielsweise, daß die Nervenfasernendigungen über das ganze Gebiet der Netzhaut gleichmäßig vertheilt wären, so würde dadurch eine gleiche Schärfe des Sehens im ganzen Gesichtsfelde erreicht werden. Ein Gegenstand, dessen Bild nicht unter einer gewissen Größe wäre, brauchte nicht mit dem Auge gesucht zu werden; wo er auch im Gesichtsfelde sich befände, er erschiene deutlich. Aber eben so würde auch jedes Bild unter einer gewissen Größe für jede Stelle im Auge unsichtbar seyn. Denken wir dagegen in einem Auge alle Nervenenden dichtgedrängt im hintern Ende der optischen Achse, so würde hier eine große Feinheit des Sehens stattfinden, das Aufsuchen eines kleinen Gegenstandes im Raume wäre aber dem Zufalle überlassen, da er in jeder, auch der geringsten, Entfernung seitlich von der Stelle im Auge, welche die Nervenenden enthält, gar nicht gesehen würde. Aus diesen Gegensätzen geht die Zweckmäßigkeit der Einrichtung des menschlichen Auges hervor; man hat in Beziehung auf die Funktion recht sinnig den scharfsichtigen Mittelpunkt der Netzhaut mit dem Teleskope, den übrigen Theil der Netzhaut mit einem am Teleskope angebrachten Kometensucher verglichen. Aus der Zweckmäßigkeit, bis zu einem gewissen Grade Nothwendigkeit dieser Einrichtung entnehmen wir auch die Wahrscheinlichkeit, daß einigermaßen ähnliche Anordnungen auch in den Augen anderer Thiere sich finden werden, können aber diese oder jene Abweichung, besonderen Lebensbedürfnissen eines Thieres angemessen, ebenfalls sehr wohl möglich finden. (Vgl. was weiter unten über die Netzhaut der Hasen gesagt ist.) —

In dem Kap. über das Nervensystem kommen wir noch einmal auf die Bedingungen der Feinheit räumlicher Unterscheidung zurück, da dieselben erst bei einer gewissen Vorstellung von der Anordnung der Nervenfasern im Körper ihr rechtes Licht erhalten können.

Das Sehen geschieht durch Unterscheidung der verschiedenen Beleuchtung, welche die äußeren Objekte auf verschiedenen Theilen der Retina bewirken. Um zwei einander berührende, verschieden beleuchtete Theile des Bildes unterscheiden zu können, muß die Verschiedenheit der Beleuchtung einen gewissen Grad besitzen; allzu schwache Abstufungen werden nicht wahrgenommen. Wir können dasselbe wiederholen, wenn wir an die Stelle der Abstufungen des Lichtes die verschiedene Färbung setzen. Es ist nun denkbar, daß die Augen verschiedener Thiere in verschiedenen Graden empfindlich gegen solche Abstufungen sind. Es könnte dann einem Thiere unmöglich seyn, einen Gegenstand von seinem Hintergrunde zu unterscheiden, während einem andern Thiere diese Unterscheidung möglich wäre. Diese Vermuthung liegt um so näher, als unter den Augen der Menschen selbst bedeutende Unterschiede sich finden, ziemlich viele Menschen z. B. Roth von Grün nicht unterscheiden, andere wieder anderen Mängeln der Farbenunterscheidung unterliegen. Wir sind wohl genötbigt, solche Verschiedenheiten bei Thieren anzunehmen, sobald wir die durchsichtigen Mittel ihrer Augen nicht farblos finden. Aber auch ohne solche Ursachen könnten sie statthaben. Es ist schwer zu sagen, in wie weit die Farbenwahrnehmung der Thiere mit der unsrigen übereinstimmt,

und bei großem Mangel von Anhaltspunkten immer schon von Interesse, daß die rothe Farbe auf mehrere Thiere (Truthahn, Stier!) eine erregende Wirkung äußert, wie auf den Menschen.

Manche Thiere sehen in der Dämmerung, bei sehr schwachem Lichte, besser als andere. Da muß die Empfindlichkeit der Nerven oder die zugeführte Lichtmenge oder beides größer seyn. Für die Vermehrung der Lichtmenge werden sich einige Gründe später ergeben.

Ein Unterschied in der lichtbrechenden Kraft der Augen muß zwischen Fluß- und Wasserbewohnern stattfinden, und solche Thier, welche sowohl in Luft als Wasser zu sehen vermögen, müssen ein sehr ausgedehntes Anpassungsvermögen des Auges besitzen, wenn sie nicht entweder in der Luft sehr kurzsichtig oder im Wasser sehr weitsichtig seyn sollen. — Gehen wir jedoch nach diesen vorläufigen Betrachtungen über die im Allgemeinen möglichen und wahrscheinlichen Verschiedenheiten der Funktionen der Augen zu einer Untersuchung ihres Baues und seiner Manchfaltigkeit über, so werden sich daraus noch verschiedene andere physiologische Folgerungen ergeben. Wir betrachten am Auge der Wirbelthiere: das einzelne Auge, seine Stellung und Bewegung (Muskeln, Augenhöhle), das Verhältniß der beiden Augen zu einander und schließlich die Hülfsapparate: Augenlider und Drüsen. Das Auge der Wirbelthiere findet sich stets in der Doppelzahl am Kopfe angebracht. Jedes Auge besteht zu äußerst aus einer festen undurchsichtigen Haut, der Sklerotika, welche wir als das Skelet des Auges bezeichnen können. Diese Haut besitzt vorn eine bedeutende, mehr oder weniger runde Oeffnung, welche durch eine durchsichtige Haut, Hornhaut, Cornea, verschlossen ist. Es ist dieß gleichsam das Fenster des Auges. Die Totalform des Auges nähert sich mehr oder weniger der Kugelform. Jedoch sind die Abweichungen davon bei manchen nicht unbedeutend. Zur bequemern Besprechung der Form wird man wohl thun, das Auge in drei Theile zu theilen: Hornhaut, Grund des Auges und Verbindungstheil. Der Grund oder Hintertheil des Auges ist der Theil, welcher der Hornhaut gegenüber liegt und seine besondere Wichtigkeit dadurch erhält, daß sich an seiner concaven oder innern Fläche die Netzhaut ausbreitet. Der Verbindungstheil reicht von dem einen zum andern dieser beiden Haupttheile des äußern Auges, bildet einen Gürtel von sehr verschiedener Form und Ausdehnung und hat theils die Bestimmung, sie in einer bestimmten Entfernung von einander zu halten, theils auch gewissen Apparaten im Innern des Auges zur Anheftung zu dienen. Diese Eintheilung drängt sich am leichtesten auf bei Betrachtung eines Vogelauges, namentlich aber solcher Vogelaugen, an welchen die Eigenthümlichkeiten sehr ausgeprägt sind, wie das Auge der Raubvögel, besonders der Eulen. Da ist der Grund des Auges ein Theil einer großen Hohlkugel. Von seinem Rande an nach vorn verengert sich das Auge, indem der Verbindungstheil die Form eines Trichters annimmt, an dessen vordern engen Rand sich die stark gewölbte Hornhaut ansetzt. An einem solchen Auge erscheint uns der Grund und die Hornhaut im Profil convex, während der trichterförmige Verbindungstheil eine concave Profillinie darbietet. Während an diesen Augen die der optischen Achse entsprechende Dimension sehr ausgebildet ist, finden sich andere mehr abgeflacht, bei mehreren Fischen selbst in dem Maaße, daß man nur eine dem Augengrunde entsprechende Hinterfläche und eine Vorderfläche zu unterscheiden hat, deren Mitte die Cornea, deren Rand der Verbindungstheil bildet. Die Vorder- und Hinterflächen sind dann durch eine fast scharfe Kante von einander abgegrenzt; die Vorderfläche ist flacher als die hintere. Ueberhaupt aber ist es ziemlich durchgreifende Regel, daß bei Wasserthieren die Hornhaut im Verhältniß zur Größe des ganzen Auges weit flacher ist, als bei Luftbewohnern.

Die Sklerotika ist bei den Säugethieren ein faseriges Gebilde, zuweilen von sehr bedeutender Dicke, so daß die innere Höhle des Auges von der äußern Gestalt desselben sehr bedeutend abweicht. Auffallend ist dieses bei den Cetaceen, deren Sklerotika namentlich nach hinten zu einen mächtigen Durchmesser erreicht. Bei vielen Thieren enthält die Sklerotika Knorpel oder Knochen, welche namentlich im Auge der Vögel in Form eines regelmäßigen, aus Knochenschuppen zusammengesetzten Ringes vorkommen. Dieser Ring nimmt

hier den Theil der Sklerotika ein, welchen ich den Verbindungstheil genannt habe, und ist unentbehrlich, um die eigenthümliche Form des Vogelauges zu erhalten, namentlich wo dieselbe so ausgeprägt ist, wie bei den Eulen. Die Betrachtung dieser Verhältnisse führt zu einer eigenen Reflexion. Wir haben oben bemerklich gemacht, wie auffallend die großen Augen der Vögel namentlich in der Hinsicht sind, daß sie sehr gegen die Sparsamkeit kontrastiren, welche sonst in der Ausrüstung des Kopfes dieser Thiere herrscht. Diese Größe ist aber nothwendig, um große Bilder der Objekte zu erzeugen. Jedoch sind es nur gewisse Dimensionen, welche zu diesem Zwecke so ausgedehnt seyn müssen, es ist eine gewisse Länge der Augenachse und eine gewisse Ausdehnung des Grundes, welcher die Bilder empfängt. Dagegen brauchen die Querschnitte des Auges, welche parallel den Rändern des Augengrundes und der Hornhaut durch die zwischen diesen beiden Rändern liegenden Verbindungstheile gelegt werden können, nur von solcher Weite zu seyn, daß keine nutzbaren Lichtstrahlen auf dem Wege zum Augengrunde verloren gehen. Betrachtet man von diesem Gesichtspunkte aus das Auge einer Eule, und vergleicht seine Form mit der eines Säugethierauges z. B., so wird man finden, daß bei der mächtigen Größe des ersteren, welche zur Darstellung gewisser wesentlicher Dimensionen gefordert wird, dennoch bedeutende Sparsamkeit in der trichterförmigen Bildung des Verbindungstheiles sich offenbart. Wollte man einem solchen Auge die Form eines Säugethierauges geben, ohne es in der wesentlichen Dimension zu verkleinern, so würde das nur geschehen können, indem man einen dicken ringförmigen Wulst in der Gegend des Verbindungstheiles um das Auge legte und es somit der Kugelform näherte. Dann würde das Auge zwar nicht jener Knochenschüppchen bedürfen, um seine Gestalt zu bewahren, es würde auch wohl leichter in der Augenhöhle beweglich seyn, aber es wäre auch um ein Bedeutendes schwerer. So ist, scheint es uns, die auffallende Form jener Augen einer teleologischen Deutung zugänglich geworden. — In die Hornhaut und Sklerotika eingeschlossen sind verschiedene flüssige und feste durchsichtige Theile, feine Membranen zur Einkapselung derselben, Pigmentschichten, einige bewegliche Organe und die Netzhaut. Zunächst an die Sklerotika legen sich in Form von Häuten, welche man im Allgemeinen unter dem Namen der tunica choroidea zusammenzufassen pflegt, die Pigmentschichten. Die zu innerst liegende derselben besteht gewöhnlich aus sechseckigen, mit schwarzem Färbestoffe gefüllten Zellen. Bei manchen Säugethieren sind sie aber in einem Theile oder selbst im ganzen Augengrunde farblos, und allenfalls hie und da mit schwarzen Zellen untermengt. Zwischen diesen farblosen Zellen und der Sklerotika findet sich eine eigene, in verschiedene Interferenzfarben spielende Schicht vor, das Tapetum. Dieß sind die sogenannten leuchtenden Augen, deren eigenthümliche Funktionsweise später zu erläutern ist. Bei Vögeln und Amphibien scheinen solche Einrichtungen nicht vorzukommen, während wieder verschiedene Fische ein Tapetum oder etwas dem Aehnliches besitzen. Jedoch ist das nicht zu verwechseln mit dem Vorkommen glänzender Farbstoffe in diesen Hautschichten, was bei Fischen ganz gewöhnlich ist. In dieser Klasse sind in der Regel die hautförmigen, den Farbstoff haltenden Schichten nicht unmittelbar auf die Sklerotika gelagert, sondern durch indifferente Massen, Fettablagerungen, davon getrennt. Daran legt sich eine äußere Schicht von silber- oder goldglänzendem Farbstoffe, während die innere, gegen die Augenhöhle gewandte, aus dem eigentlichen schwarzen Pigmente besteht, so daß jene glänzenden Farben beim Blicke in das Innere des Auges gänzlich verdeckt sind und nicht, wie das Tapetum, einen Glanz oder Lichtschimmer durch die Pupille hindurch senden können. Sehr gewöhnlich sind selbst bei den Fischen diese beiden Pigmenthäute noch durch eine dicke Schicht getrennt, welche aus Blutgefäßen (Wundernetzbildungen) besteht, die sogenannte Choroidaldrüse. Daher auch hier, wie bei den Walfischen, die innere Höhle des Auges sehr wenig aus dem äußern Umfange erkannt werden kann.

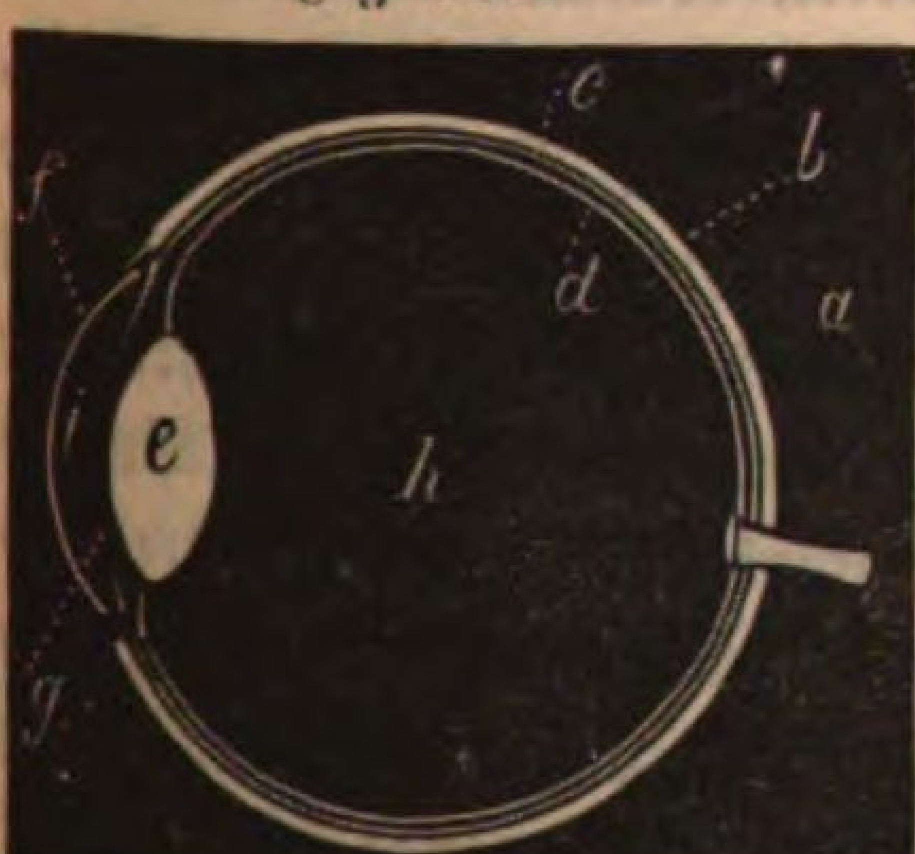
Das bisher Gesagte bezeichnet die Ausbreitung der Pigmente im Grunde des Auges. Bei den Vögeln ist sehr verbreitet ein aus stark pigmentirter, membranöser Masse gebildetes,

fächerförmiges Organ (Fächer, pecten), welches sich von der Choroidea des Augengrundes in den Glaskörper erhebt. Schutz gegen überflüssiges Licht mag ein Theil seiner Funktion seyn, denn bei Nachtvögeln findet man den Fächer weniger ausgebildet. Ein Rudiment dieses Organes kommt bei manchen Sauriern und den Krokodilen vor. — Von ganz anderer Bedeutung dagegen ist ohne Zweifel das pigmentirte sichelförmige Organ (proc. falciformis) welches bei manchen Knochenfischen von der choroidea aus durch den Glaskörper zur Linse geht und sich hier in einem Knötchen (campanula) endigt.

Von ganz neuen Einrichtungen ist die Erstreckung der Pigmentlage nach vorn, durch den Verbindungstheil bis an die Cornea begleitet. Durch diese Strecke dehnen sich niemals die von schwarzem Farbstoff entblößten Stellen aus, sondern sie ist stets, außer bei dem krankhaften Pigmentmangel (Leukosis) der sogenannten Albino's, nach Innen zu mit starkem schwarzen Farbstoff ausgekleidet. Auf dieser Strecke erheben sich bei allen Säugethieren und Vögeln schmale gefäßreiche Leisten oder Fortsätze (processus ciliares) deren jede in einer geraden Linie an der Choroidea anhafte. Die Anheftungslinien laufen in der Richtung vom Grunde des Auges zum Rande der Cornea. Die Fortsätze sind hinten, in der Nähe des Augengrundes, sehr niedrig, erheben sich allmälig nach vorn mehr und hören dann plötzlich auf, ohne das vordere Ende des Verbindungstheiles völlig zu erreichen. Ihre bedeutendste Erhebung ist aber immer geringer als ihre Länge von vorn nach hinten. Somit haben sie außer dem angehefteten Rande einen langen freien, gegen das innere Auge gerichteten, und einen kurzen, freien, nach vorn gerichteten Rand.

Etwas nach vorn von dem vordern Ende dieser Fortsätze, gerade wo Sklerotika und Hornhaut an einander grenzen, ist dann das Vorderende der Choroidea oder der Pigmentschichten, insoweit dieselben der Sklerotika anliegen. Von dieser Stelle aus beginnt aber die Iris. Dieß ist eine Haut von der Form einer Scheibe mit einer Oeffnung in der Mitte. Sie ist eben hier mit ihrem äußern Rande an die Außenwand des Auges geheftet, und bildet eine Scheidewand im Innern des Auges, welche eine vordere, der Hornhaut entsprechende kleinere Höhle von der Höhle der Sklerotika absondert. Diese Absonderung ist jedoch unvollkommen, wegen der Oeffnung, welche die Iris in ihrer Mitte besitzt. Die Iris trägt auf ihrer hintern Seite schwarzes Pigment, während ihre Vorderfläche entweder pigmentlos ist, oder auch ganz oder theilweise mit verschiedenen Pigmenten bekleidet. Hat sie keine eigene Farbe, so erscheint sie in einer grauen, blauen, braunen Färbung vermittelst des von der Innenfläche durchschimmernden schwarzen Farbstoffs. So verhält es sich namentlich bei dem Menschen und manchen anderen höheren Wirbelthieren, während bei anderen und namentlich niederen Wirbelthieren silber- oder goldglänzende Pigmente u. s. w. auf der Vorderseite der Iris vorkommen. Die Iris ist aber nicht in ihrer Ausdehnung unveränderlich, sondern sie vermag durch contractile Fasern, welche in verschiedenen Richtungen in ihr verlaufen, das Loch in ihrer Mitte bedeutend zu verengen und zu erweitern, so daß von den in die Hornhaut eingedrungenen Strahlen bald ein größerer, bald ein geringerer Antheil in die hintere Abtheilung des Auges und somit zur Netzhaut gelangt. Die Muskelfasern, welche dieß bewirken, laufen theils in der Richtung vom Pupillenrande der Iris zum angehefteten, theils mehr concentrisch um den Pupillenrand. Die ersten erweitern, die andern verengern natürlich die Pupille. Es ist dieses contractile Gewebe bei verschiedenen Thieren in sehr verschiedenem Maaße entwickelt und bei den Vögeln findet sich sogar, abweichend von allen anderen Wirbelthieren, die quergestreifte Muskelfaser vor, was sich schon bei Beobachtung des lebenden Vogels durch die bedeutende

Fig. 309.



Durchschnittszeichnung des Auges.

a Sehnerv; *b* Sklerotica; *c* Aderhaut, Choroidea; *d* Netzhaut, retina; *e* Linse; *f* Hornhaut, cornea; *g* Iris; *h* hintere Augenkammer mit dem Glaskörper; *i* vordere Augenkammer mit der wässrigen Flüssigkeit.

Schnelligkeit verräth, mit welcher die Wechsel der Weite der Pupille vor sich gehen. (Man hat dieserhalb, aber ganz ohne Grund, den Vögeln eine Willkürlichkeit dieser Bewegungen vorzugsweise zugeschrieben.)

Dieselbe Eigenthümlichkeit wiederholt sich im Vogelauge auch in einigen anderen zarten Muskelapparaten, dem Spannmuskel der Choroidea und dem Crampton'schen Muskel im Innern des Auges. Der letztere ist höchst wahrscheinlich dazu bestimmt, die Krümmung der Hornhaut in etwas zu modificiren und dadurch zu der Einrichtung des Auges für verschiedene Entfernungen beizutragen. Dieses Muskelgebilde besteht nämlich aus einer Anzahl von Muskelfasern, welche, innen am Vorderrande der Sklerotika angeheftet, gerades Weges über die Grenze der Hornhaut gehen und sich an die innere Schicht derselben anheften.

Ueber diese Eigenheiten des Vogelauges läßt sich im Allgemeinen sagen: daß alle contractilen Fasern im Innern des Auges natürlich Veränderungen des inneren Zustandes bewirken müssen, welche theils Bezug haben auf die Stärke des Lichtes, theils auf die verschiedene Entfernung der Objekte; daß die Vögel bei der Raschheit ihrer Bewegungen sehr natürlich genöthigt sind, in sehr raschem Wechsel nähere und fernere Gegenstände zu fixiren, sowie auch ihre Augen verschiedenen Lichtintensitäten anzupassen und daher der quergestreiften Muskelfaser bedürfen, welche sich augenblicklich zusammenzieht und auch augenblicklich wieder schlaff ist, sobald der Nerveneinfluß aufhört. Man darf nur an die Bewegungen einer Schwalbe denken, oder an kleinere Raubvögel, welche ihre Beute durch dichtes Gebüsch und Zweiggewirr im raschen Fluge verfolgen, so ist es klar, was dabei die Augen leisten müssen: wie fast in demselben Augenblicke, in welchem ein Hinderniß vermieden wird, auch schon wieder entferntere Objekte auf das Schärfste aufgefaßt werden müssen u. s. w. Die Oeffnung der Iris hat bald eine regelmäßig runde, bald eine längliche, zuweilen auch noch anderwärtig verzogene Form. Ja bei einigen Thieren kommen am Rande derselben unregelmäßige Läppchen vor (Equus), oder selbst Vorhänge von bestimmter Form, wie bei den Rochen und Schollen. Da dieser Vorhang am obern Rande der Pupille befestigt ist und diese Thiere die Augen auf der Oberseite haben, so ist es wohl mit Recht angenommen, daß der Vorhang das von oben einfallende Licht beschränken soll, welches sehr gewöhnlich nur dienen könnte, das Thier zu blenden. Die Zusammenziehungen der Pupille erfolgen durch den Reiz des Lichtes, so daß im Allgemeinen, je stärker der Lichtreiz ist, um so enger die Pupille wird. Indessen haben auch noch andere Umstände Einfluß darauf, und es ist namentlich bei dem menschlichen Auge sehr leicht zu beobachten, daß eine Verengerung der Pupille jedes Mal eintritt, wenn man nach Fixirung eines entfernten Gegenstandes die Augen auf einen recht nahen heftet. Man hat deßhalb geglaubt, daß die Iris eine wesentliche Rolle bei der Anpassung des Auges für verschiedene Entfernung spielte, was aber sehr leicht und vollständig widerlegt werden kann. Es ist dieß wohl nur eine durch Irradiation veranlaßte Mitbewegung, worüber später mehr. Der Raum vor der Iris und ebenso ein sehr schmaler Raum hinter derselben enthalten eine freie Flüssigkeit, humor aqueus. Natürlich muß die Iris von solcher umgeben seyn, um sich bewegen zu können. — Hinter der Pupille findet sich die sog. Linse, Krystalllinse, der festeste und das Licht am stärksten brechende durchsichtige Theil des Auges. Ihre Consistenz und Form ist namentlich bei Wasser- und Landthieren sehr verschieden. Bei den Landthieren hat sie im Ganzen eine eigentliche Linsenform, eine Fläche nach vorn, die andere gegen den Augengrund gerichtet, während sie bei Wasserthieren sehr vorherrschend kugelförmig sich zeigt, ja wohl selbst in der Richtung der optischen Axe des Auges einen größeren Durchmesser hat, als senkrecht auf dieselbe. Zugleich ist die Linse der Wasserthiere, wenigstens der Fische, sehr fest, eigentlich hart, während sie sich sonst festweich darstellt, zwischen den Fingern zerquetscht werden kann. Wo die eigentliche Linsenform sich findet, ist sehr gewöhnlich der Krümmungsradius beider Flächen sehr merklich verschieden und namentlich wohl der Radius der Vorderfläche meist größer. Die Linse scheint überall aus Schichten zu bestehen, deren äußere die innere wie Kapseln umgeben.

Am Fischauge ist das ja sehr leicht zu sehen. Dabei nimmt der Brechungsindex der Schichten von der Oberfläche nach Innen hin immer zu. — Die Linse schwebt im Auge so, daß ihr äußerer Umfang ungefähr überall gleichweit von der äußeren Wand des Augapfels entfernt bleibt. Ihre Vorderfläche liegt nahe hinter der Iris, scheint dieselbe selbst häufig etwas nach vorn zu treiben, ragt auch wohl, wo die Linse sehr kuglig von Gestalt ist, bedeutend durch die Pupille vor. Die Befestigung der Linse geschieht dadurch, daß sie von einer klaren Membran (oder Linsenkapsel) gänzlich eingehüllt ist und diese ringsum mit feinen Häuten in Verbindung steht, welche nach Außen hin ihre Befestigung besitzen. Sie wird hiedurch namentlich mit den processus ciliares in Verbindung gesetzt, wo sich dieselben finden. Durch diese Membranen wird der vordere Raum des Auges, welcher die schon erwähnte, die Iris bespülende Flüssigkeit enthält, von dem hintern ganz abgetrennt. So unterscheidet man vordere und hintere Augenkammer. Die hintere enthält den sog. Glaskörper, welcher der Hauptsache nach allerdings auch flüssig ist, jedoch so, daß die Flüssigkeit durch zahlreiche äußerst zarte Scheidewände in eine Menge von Fächern abgetheilt ist und daher nicht frei erscheint. Man kann den Glaskörper im Ganzen handhaben, wie eine feste Masse. Zerkleinert man ihn aber, so scheint er ganz in Flüssigkeit zu zergehen, und hinterläßt nur eine äußerst geringe Menge des zarten häutigen Gewebes. So haben wir nun den inneren Raum des Auges fast erfüllt und es bleibt uns noch die Betrachtung des wichtigsten Theiles, des Nerven selbst oder der Netzhaut übrig, welche zwischen dem Glaskörper und der früher erwähnten Choroidea im Augengrunde ausgebreitet ist. — Ueber die Anatomie der Netzhaut auf Einzelheiten einzugehen, dürfte wenig fruchtbringend seyn, da gerade die wichtigsten Punkte, die Art der Endigung der Nervenfasern, die Vertheilung derselben in der Netzhaut, noch sehr im Dunkeln liegen. Wir können nur angeben, daß sich die Nervenfasern, von der Stelle aus, wo der Nerv die Sklerotika durchbohrt, nach allen Seiten verbreiten; wir nehmen als nothwendig an, daß die Nervenenden im Allgemeinen da, wo die optische Axe die Netzhaut durchschneidet, dichter gedrängt stehen müssen, als anderwärts im Auge, vermuthen aber, daß manche Verschiedenheiten in dieser Hinsicht stattfinden mögen, deren Bedeutung für das scharfe Sehen und für das Aufsuchen von Objekten aus den allgemeinen Bemerkungen verständlich ist, welche oben vorausgeschickt wurden. Hier verdient es Erwähnung, daß bei den Arten des Hasengeschlechtes (wie an leukotischen Kaninchen schon durch die Sklerotika hindurch zu sehen ist) die Fasern des Sehnerven in zwei starke Büschel zerfallen, welche horizontal, das eine nach Außen, das andere nach Innen von der Anheftungsstelle des Sehnerven sich wenden. Hiemit ist freilich durchaus nicht bewiesen, aber doch einigermaßen wahrscheinlich, daß die Endigungen der Fasern auch in der Horizontalebene, in welcher der Sehnerv an das Auge tritt, reichlicher vorhanden sind, als in der darüber und darunter gelegenen Hälfte des Auges. Wäre nun diese Vermuthung richtig, so würde man schließen müssen, daß der Hase bei weitem besser Alles bemerkte, was sich mit seinen Augen in einer Horizontalebene befinde, als was darüber oder darunter wäre. Und es ist auch wohl begreiflich, daß ein solches Sehen bei Thieren, welche den Kopf nahe an der Erde tragen oder ruhen lassen, sehr nützlich seyn kann.

Bei den Menschen ist die Stelle, an welcher wir die größte Anhäufung der Nervenenden annehmen, nach dem Tode durch eine gelbliche Färbung der Netzhaut (macula lutea retinae) besonders bezeichnet, in deren Mitte eine sehr zarte Stelle, das sogenannte foramen centrale retinae, sich befindet. Nur bei einigen Affen hat man einen ähnlichen gelben Fleck wahrnehmen können. Unter dem Namen der Retina faßt man übrigens außer der Schicht der zarten Nervenfasern noch einige andere, zwischen Glaskörper und Choroidea liegende zusammen. Es gehören dahin Schichten von rundlichen, größeren und kleineren Theilen, welche Bestandtheilen des Gehirns so durchaus entsprechen, daß man den Sehnerven schon geradezu ein Gehirn im Auge genannt hat; ferner die Schicht der stabförmigen Körperchen, welche die Gränze zwischen Netzhaut und Choroidea bildet, auch funktionell, nach neueren Ansichten darüber, mit beiden zusammenhängt, wie wir sogleich anführen werden.

Fassen wir nun die Einrichtungen des Auges, wie wir sie bisher betrachtet haben, in ihrer Beziehung zum Lichte auf, so findet sich, daß die Lichtstrahlen, welche zur Netzhaut gelangen sollen, durch die Hornhaut, den humor aqueus, die Krystalllinse und den Glaskörper zu dringen haben. Sie erleiden auf diesem Wege eine Mehrzahl von Ablenkungen, deren Endresultat es seyn muß, daß sich alle von einem Punkte außerhalb kommenden Strahlen wieder in einem Punkte auf der Netzhaut vereinigen, sobald das Auge eben für die Entfernung jenes Punktes eingerichtet war, und daß die im Raume neben- oder übereinander liegenden Punkte sich auch neben- oder übereinander auf der Retina abbilden. Allgemein scheinen sämmtliche Ablenkungen, welche die Lichtstrahlen eines Punktes betreffen, gleichartig zu seyn, so daß die von einem Punkte aus divergirenden Strahlen an der Oberfläche des Auges und jeder folgenden Grenzfläche, durch welche sie treten, stets mehr an Divergenz verlieren, oder, wo dieselbe schon beseitigt ist, an Convergenz zunehmen.

Aber das Maaß, in welchem die einzelnen Mittel des Auges zu dieser Ablenkung beitragen, ist offenbar sehr verschieden, namentlich zwischen Land- und Wasserthieren. Wir wollen was sich ohne Schaden thun läßt, zur Vereinfachung die Hornhaut und wässerige Feuchtigkeit als nur ein besonderes Mittel, die Linse als das zweite, den Glaskörper als das dritte ansehen. Wir wissen schon, daß bei den Landthieren im Allgemeinen die Hornhaut stärker, die Linse weniger gekrümmt ist, als bei den Wasserthieren. Da nun das Maaß der Ablenkung eines Lichtstrahles, bei dem Uebergange aus einem Mittel in das andere, von dem Winkel, unter welchem er die Grenzfläche trifft, und von dem Verhältniß der beiden Brechungsexponenten abhängt; da aber die wässrige Flüssigkeit überall sich in ihrer Brechkraft zwar bedeutend von der Luft, aber wenig vom Wasser unterscheidet, so ist natürlich, daß eine stark gewölbte Hornhaut, auf welche ein Strahlensystem *) aus der Luft geleitet wird, die Divergenz dieser Strahlen bedeutend mindern oder schon in Convergenz umwandeln kann, während es ziemlich gleichgültig ist, ob die Hornhaut gewölbt oder flach ist, wenn die Strahlen aus dem Wasser auf sie treffen, da sie dann, wegen zu geringer Verschiedenheit der Brechungsexponenten, auch von einer sehr stark gekrümmten Fläche nur wenig abgelenkt werden könnten. Daher ist bei den Wasserthieren eine Linse von ungemein hohem Brechungsexponenten angewandt, um den nöthigen Grad von Ablenkung zu bewirken, während bei den Landthieren die stärkste Ablenkung sogleich beim Eintritte in das Auge geschieht.**) Gleichwohl ist auch bei den letzten immer noch die Wirkung der Linse auf den Gang der Strahlen eine nicht unbeträchtliche, besonders auch durch die Art ihrer Schichtung. Indem nämlich ein das Licht am stärksten brechender Kern von immer schwächer und schwächer brechenden Schichten umgeben wird, lenkt die ganze Linse die Strahlen bedeutender ab, als wenn sie durchweg das hohe Brechungsvermögen ihres Kernes besäße.***) Die Einschaltung eines solchen Körpers,

---

*) Unter einem Strahlensystem, Strahlenkegel, verstehe man die von einem Punkte ausgehenden Strahlen, welche auf die Hornhaut treffen.

**) Die Brechungsexponenten der verschiedenen durchsichtigen Mittel sind für viele Augen bestimmt worden. Leider widersteht die Linse, und besonders die harte Linse der Fische, diesen Untersuchungen am meisten, wie ein Jeder begreift, welcher mit den üblichen Methoden der Bestimmung von Brechungsexponenten flüssiger, weicher oder fester Körper bekannt ist. Daß aber die Linse der Fische ein sehr hohes Ablenkungsvermögen besitzt, ist unzweifelhaft.

Noch sei hier bemerkt, daß sich allerdings sehr häufig in physiologischen Lehrbüchern findet, es sey die Linse auch im menschlichen Auge (oder dem der Landthiere überhaupt) das Mittel, welches am stärksten auf den Gang der Lichtstrahlen einwirke. Dieß ist aber durchaus nur eine unbedachte Behauptung und ein grober Irrthum, vor welchem wir nur warnen dürfen.

***) Auch hier darf die Bemerkung nicht fehlen, daß es zwar mit großer Bestimmtheit behauptet worden, dennoch aber ein ganz grober Irrthum ist, als sey die totale Ablenkung eines durch die Linse gegangenen Strahles nur so groß, als wenn die sämmtlichen durchlaufenen Schichten eine mittlere Brechungskraft besäßen.

wie die Linse, zwischen den humor aqueus und den Glaskörper, kann und muß aber noch verschiedene andere Wirkungen haben, als bloß das Totalbrechungsvermögen des Auges zu erhöhen. In der That führt uns auch eine Ueberlegung der optischen Eigenschaften des Auges bald dahin, in dieser Linse die mehr oder weniger wahrscheinliche Ursache gewisser Fähigkeiten und Vorgänge des Auges zu suchen.

Es ist namentlich die Fähigkeit der Einrichtung des Auges für verschiedene Entfernungen*), an welcher die Linse Antheil haben möchte, sowie auch die Freiheit von sphärischer Abweichung ebenfalls auf der Linse beruhen kann. Das Einrichtungsvermögen läßt sich nur an unserem eigenen Auge in Beziehung auf seine Ausdehnung genauer untersuchen. Ein sogenanntes normales menschliches Auge vermag, wie schon oben angeführt wurde, seine Lichtbrechung einerseits so zu schwächen, daß die Strahlen unendlich entfernter Punkte auf der Netzhaut vereinigt werden, während andererseits die Lichtbrechung des Auges so vermehrt werden kann, daß auch von Punkten in etwa 8 Zoll Entfernung deutliche Bilder auf der Netzhaut entstehen. Wir haben gesehen, daß sich gewiß bei Thieren manchfache Abweichungen von diesen absoluten Größen finden werden, aber die Fähigkeit der Anpassung selbst wird bei den Augen der Wirbelthiere wohl allgemein anzunehmen seyn und bei allen durch mehr oder weniger ähnliche Mittel bewirkt werden. Sind wir nun auch nicht im Stande, eine vollständige Darlegung dieser Mittel zu geben, so läßt sich doch Manches darüber mit bedeutender Wahrscheinlichkeit sagen, und eine Theilnahme der Linse an den Veränderungen, welche das Auge behufs der Anpassung erleiden muß, dürfte besonders kaum zu bezweifeln seyn. Als möglich können wir uns vorstellen, sowohl daß das Auge seine Gestalt ändern, als auch, daß Theile im Auge ihre Lage (oder Gestalt) ändern, und es würden Veränderungen in allen diesen Beziehungen wesentlich zu der Anpassung des Auges beitragen können. Bestände eine Veränderung der Gestalt des Auges in der Weise, daß es sich in der optischen Axe bald verlängerte, bald verkürzte, so würde es im erstern Falle für geringere, im zweiten für größere Entfernungen passen.

Bei Thieren, welche an der Luft leben, würde es aber namentlich zu der Anpassung noch sehr wesentlich beitragen, wenn zugleich eine Veränderlichkeit des Krümmungsradius der Hornhaut stattfände.

Die Linse ihrerseits kann durch bloße Ortsveränderung, indem sie weiter vor- oder rückwärts bewegt wird, sehr wesentlich beitragen, das Auge für geringere und größere Entfernungen einzurichten.

Auch eine Gestaltveränderung der Linse, eine Veränderung der Krümmung ihrer Vorder- und Hinterfläche, würden dergleichen Wirkungen haben können. Diese Veränderungen aber müssen uns bis jetzt unter allen am wenigsten wahrscheinlich vorkommen, da man durchaus nicht sieht, woher solche Gestaltveränderungen kommen sollten. Bei den harten Linsen so vieler Fische dürfen wir sie selbst wohl unmöglich nennen.

Die anderen genannten Momente können dagegen wohl alle mehr oder weniger Theil an der Anpassung des Auges haben, und es ist sehr wahrscheinlich, daß bei einer Klasse von Thieren mehr das eine, bei einer andern mehr ein anderes Hülfsmittel in Thätigkeit sey. Es liegt unter Anderem nahe, daß Veränderungen der Form der Hornhaut, welche sich

---

*) Ich halte diesen Ort nicht für geeignet zu einer weitern Polemik gegen den neuesten Angriff auf das Einrichtungsvermögen. Nur damit man mich nicht beschuldige, denselben vernachlässigt zu haben, will ich Herrn Engel hiemit versichern, daß es mir durchaus nicht schwer wird, bei Anstellung des Scheiner'schen Versuches mit zwei Löchern und einem horizontal gespannten Faden, den Durchkreuzungspunkt der beiden Fadenbilder durch den Willen um mehr als 1' zu verschieben. Mein Auge ist mäßig kurzsichtig. Die geringste Entfernung, in welche ich die Durchkreuzung zu verlegen vermag, beträgt noch nicht 4'', in die Ferne kann ich ihn mindestens bis 1' 4'' Par. rücken. Es ist wohl gut beizufügen, daß ich nicht ganz ungeübt in der Anstellung der verschiedenen Modificationen des Scheiner'schen Versuches bin. Bg.

namentlich für das Auge der Vögel wahrscheinlich machen, bei Thieren, welche im Wasser leben, schon um deßwillen wenig annehmbar sind, weil sie bei ihnen sehr unwirksam seyn würden.

Im Gegensatze hiegegen aber wird man Ortsbewegung der Linse bei diesen Thieren gerade deßhalb einigermaßen wahrscheinlich finden dürfen, weil sie eben bei ihnen von sehr großer Wirksamkeit seyn würde. Vielleicht läßt sich mit einer solchen Funktion der oben erwähnte proc. falciformis im Auge so vieler Knochenfische in Verbindung bringen.

Für die Ansicht, daß Formveränderung des Auges im Allgemeinen als Mittel der Anpassung bei den Wirbelthieren vorkommt, sprechen besonders einige Beobachtungen an Säugethieraugen. Thiere, welche abwechselnd in der Luft und im Wasser leben, wie die Seehunde, müssen entweder in der Luft sehr kurzsichtig oder im Wasser sehr weitsichtig seyn, oder die Anpassungsfähigkeit des Auges in sehr hohem Grade haben. Wenn wir bei diesen also eine ganz eigenthümliche Einrichtung finden, welche auf Formänderungen des Auges deutet, so dürfen wir darin wohl einen wichtigen Fingerzeig sehen. Es ist aber bekannt, daß bei den Seehunden der vordere Theil der Sklerotika, an welchen sich die Hornhaut setzt, einen breiten, festen Gürtel bildet, welcher durch eine weit schwächere Portion (ebenfalls einen Gürtel rings um das Auge bildend) mit der derben Sklerotika des Augengrundes verbunden ist. An den festen vordern Gürtel setzen sich auch die später zu beschreibenden geraden Augenmuskeln an. Durch deren Wirkung kann sehr wohl eine Formänderung des Auges bewirkt werden, bei welcher die nachgiebige Zone der Sklerotika entweder mehr hervorgepreßt wird, so daß das Auge sich verkürzt, oder es wird vielleicht durch die aufliegenden Muskeln diese nachgiebigere Stelle nach Innen gedrückt und dadurch das Auge verlängert. Ganz besonders geeignet zur Bewirkung von Formveränderungen dürften aber die beiden Musculi obliqui des Auges seyn.

Zu Gunsten der Formänderungen des Auges durch die Muskeln spricht auch, daß man bemerkt hat, wie die Muskeln des kleinen Auges des Elephanten bedeutend ausgebildet sind, so daß ihre Stärke mehr im Verhältniß zu der Dicke der Sklerotika, als zu der Größe des Auges abgemessen zu seyn scheint.*) Freilich muß man gestehen, daß die Untersuchungen, welche man in Beziehung auf Formänderungen des menschlichen Auges, sey es des hintern Theiles, sey es der Cornea, angestellt hat, bis jetzt keines von beiden haben wahrscheinlich machen können.

Bei Vögeln und niederen Wirbelthieren müssen die starren Theile, welche sich in ihrer Sklerotika finden, auf unsere Vorstellung von den möglichen Formänderungen Einfluß haben. Der vordere Theil der Sklerotika der Vögel ist nicht biegsam, und es ist dieser Theil um so größer, je mehr die charakteristische Form des Vogelauges hervortritt. Dagegen aber ist, wie schon oben erwähnt, gerade im Vogelauge ein Muskelapparat zu finden, welcher auf die Form der Hornhaut eine Wirkung ausüben muß.**)

Ortsbewegungen der Linse können sehr wohl verbunden seyn mit den Einwirkungen von Druck auf diesen oder jenen Theil des Auges, mit Veränderungen seiner Form; sie können direkt davon abhängig seyn oder auch noch durch eigenen Mechanismus bewirkt werden. Jedenfalls sind dieselben sehr wahrscheinlich und man will sogar Bewegungen der Regenbogenhaut gesehen haben, welche direkt auf Vor- und Rückbewegung der Linse schließen ließen. Es fehlt hiernach nicht an Kenntniß von Mitteln, welche im Stande sind, die Anpassung des Auges zu bewirken. Aber nicht bloß der Grad, sondern auch die Art ihrer Wirkung ist noch theilweise dunkel. Um hier klar zu sehen, müßte man wissen, welche Theile gleichzeitig wirken oder wechselnd (z. B. der Spannmuskel der Choroi-

---

*) Diese Bemerkung verdanke ich mündlicher Mittheilung des Herrn W. v. Rapp.

**) Brücke hat diesen Muskel und seine Wirkung zum Gegenstande einer Untersuchung gemacht, und kommt zu dem Resultate, daß derselbe den Krümmungshalbmesser der Hornhaut verkleinere.

dea und der Crampton'sche), man müßte den Widerstand der Umgebung des Auges bei Anspannung seiner äußeren Muskeln, die verschiedene Nachgiebigkeit verschiedener Theile der Sklerotika und Hornhaut bei Druck von hinten und von den Seiten zu beurtheilen im Stande seyn.

Die Linse kann auch dahin wirken, das Auge von dem Fehler der Sphäricität zu befreien. Dieser Fehler, mit welchem alle künstlich hergestellten Linsen behaftet sind, bewirkt bekanntlich, daß nicht alle durch eine solche Linse geleiteten Strahlen von einem Punkte sich jenseits derselben wieder in einem einzigen Brennpunkte vereinigen. Alle Strahlen, welche dem sogenannten Hauptstrahle eines von einem Punkte ausgehenden Strahlenkegels näher liegen, haben jenseits der Linse einen ferneren Brennpunkt, als die von dem Hauptstrahle entfernteren. Von diesem Fehler scheint das Auge frei zu seyn und dazu können mehrere Umstände beitragen. Es verdient hier gerade die Schichtung der Linse erwähnt zu werden. Denn in der That würde selbst eine sphärische Linse von dem Fehler der Sphäricität befreit seyn können, wenn wir sie so zu verfertigen verständen, daß ihre Brechkraft von der Peripherie bis zum Mittelpunkte nach einer bestimmten Proportion zunähme. Außerdem aber muß freilich auch erinnert werden, daß weder die Vorderfläche der Hornhaut, noch die Vorder- und Hinterfläche der Linse sphärisch sind. Welche Krümmungen man bis jetzt an diesen Flächen gefunden, theilen wir hier nicht mit, da die vorhandenen Angaben theils noch einigermaßen unsicher seyn möchten, theils auch die größere oder geringere Ausbreitung ihrer Geltung zweifelhaft ist. Auch würde immer noch eine physiologische Bearbeitung derselben zu leisten seyn.

Der bisher betrachtete Apparat ist es nun also, durch welchen die Bilder der äußeren Objekte auf der Netzhaut entworfen werden, um hier auf die empfindende Masse zu wirken.

Die Netzhaut ist aber sehr durchsichtig und es ist daher von großer Wichtigkeit, daß ihre Außenseite meist unmittelbar auf schwarzem Farbstoffe liegt, welcher die durch die Netzhaut einmal gedrungenen Lichtstrahlen absorbirt. Bei dieser Absorption soll, nach einer neuern scharfsinnigen Ansicht, die vorhin nur beiläufig erwähnte Stäbchenschicht der Netzhaut eine wesentliche Rolle spielen. Diese Schichte bildet gleichsam eine Scheidewand zwischen Netzhaut und Choroidea, und besteht aus zarten prismatischen Elementen, welche wie Basaltsäulen an einander und normal zur Netzhaut stehen. Gewöhnliche Nervenelemente sind dieß nicht, wiewohl man sie früher für Nervenenden allerdings gehalten hat. Natürlich müssen nun die Lichtstrahlen, welche an irgend einer Stelle die Netzhaut durchlaufen haben, in solche Prismen eintreten und durch sie auf das schwarze Pigment hinstrahlen.

Sind nun die einzelnen Prismen etwas in die Pigmentschicht eingebohrt, so daß diese eine rauhe Fläche darstellt, so muß dadurch in der That die Absorption des Lichtes befördert werden, wie man eine glänzende schwarze Fläche sogleich mattschwarz machen kann, wenn man ihre Oberfläche rauh macht. Besonders wichtig könnten aber, nach dieser Ansicht, die Prismen oder Stäbchen bei den mit Tapetum versehenen Augen seyn.*) In sofern näm-

*) Die Einwendung, welche Volkmann (Wagner's Hdwb. III. 1. 272) gegen diese Brücke'sche Ansicht erhebt, scheint mir nicht treffend. Es ist wahr, die Netzhaut muß im Hintergrunde des Auges mehrere Faserschichten enthalten; ein Strahlenkegel, welcher auf der Vorderfläche der Netzhaut (auf einer Nervenendigung) convergirte, wird noch durch einige Fasern gehen, ehe er in die Stäbchenschicht tritt. Daß dieß keine Confusion des Sehens bewirkt, wird darauf beruhen, daß die Fasern in Punkten ihres Verlaufes weniger reizbar sind, als an ihren Enden. Dieß hat ja die Erfahrung in Beziehung auf Hautnerven gelehrt. Würde nun aber nicht das Licht (bei nicht tapetirten Augen) in den hinteren Schichten gefesselt, so ginge es auf's Neue, nicht bloß durch Fasern, auf Punkten ihres Verlaufes, sondern auch durch Nervenendigungen; bei tapetirten Augen würde bei der starken Reflexion dieser Schaden sehr bedeutend seyn, wenn nicht die Reflexion wieder auf dieselben Nervenenden führte.

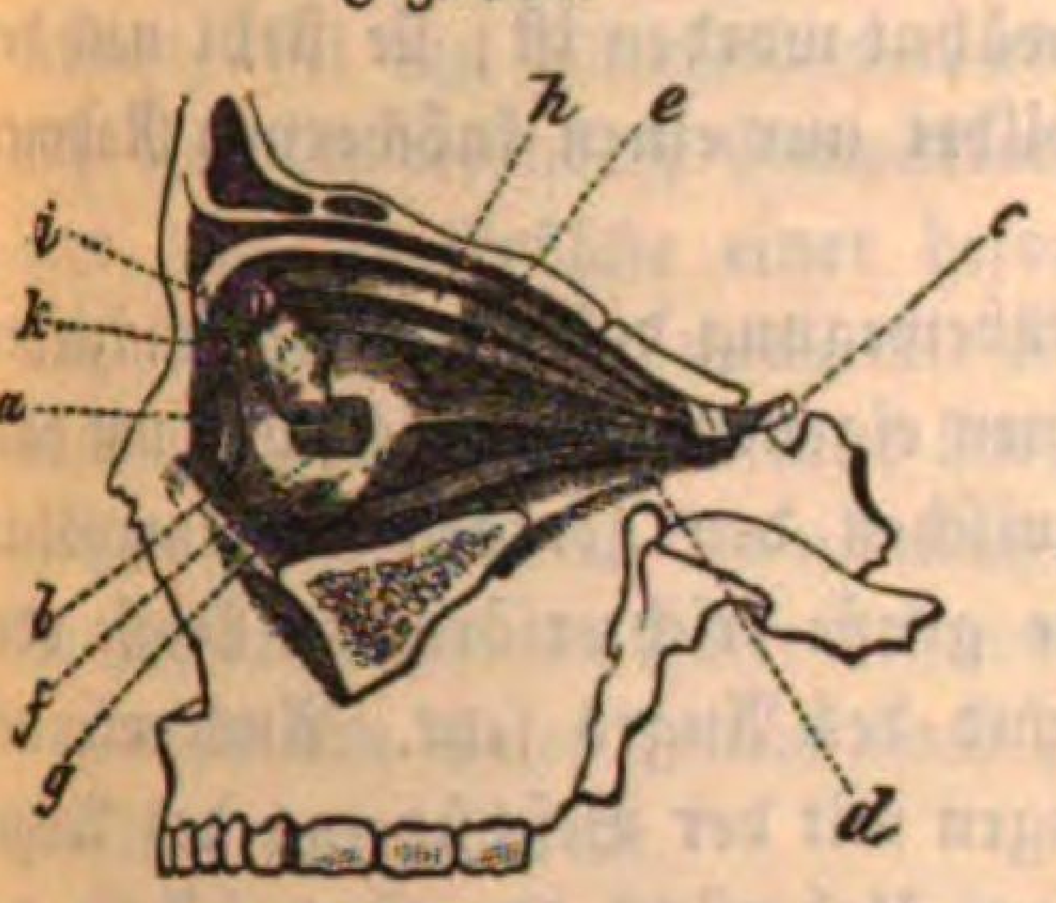
lich die Stäbchen selbst sehr stark lichtbrechend sind, dagegen von einer schwach lichtbrechenden Masse feine Hüllen erhalten, müssen Lichtstrahlen, welche unter geringer Neigung gegen die Axe des Stäbchens in das eine Ende desselben eintreten, bis an das andere Ende in demselben verlaufen. Denn sie werden, selbst wenn sie an die seitliche Oberfläche eines Stäbchens gerathen sollten, total reflektirt werden müssen. Wenn sie nun an dem äußern Ende nicht in schwarzes Pigment geleitet, sondern von einer glänzenden Oberfläche (dem Tapetum) zurückgeworfen werden, so gehen sie nothwendig durch dasselbe Stäbchen zurück und treffen also dieselbe Stelle der Netzhaut noch einmal. Dieses reflektirte Licht wird alsdann theils in der Richtung der Pupille wieder nach Außen geleitet und bewirkt die Erscheinung des Leuchtens der Augen, theils trifft es die Hinterfläche der Iris oder auch den vordern Theil der Choroidea, welche stets dunkles Pigment besitzen und zur Absorption des Lichtes geeignet sind.

Es ist dieß jedenfalls die erste Ansicht über die Funktionen des Tapetum, durch welche dasselbe als nützlich erscheint und ein Verständniß sich eröffnet, weßhalb die mit einem Tapetum versehenen Augen zum Theil bei sehr geringen Lichtmengen so trefflich sehen können, ja selbst bei sehr hellem Lichte schlechter, als bei gemäßigtem sehen. Würde das vom Tapetum reflektirte Licht nicht zu denselben Netzhautpunkten zurückgeleitet, welche es schon einmal durchlaufen, sondern nach allen Seiten zerstreut, so würde es das Sehen beeinträchtigen müssen, gleichviel ob bei schwachem oder starkem Lichte gesehen würde.

Das Auge der Wirbelthiere liegt in einer Augenhöhle, welche bei einigen (Menschen, Affen, Vögeln u. s. w.) vorherrschend von Knochen, bei anderen aber zum großen Theile von weichen Massen umgeben ist. Es ist innerhalb dieser Höhle von den Seiten und besonders nach hinten von Zellgewebe und Fettpolstern umgeben, welche sich mit der Oberfläche der Sklerotika nur locker verbinden, so daß das Auge in dieser Umgebung um seinen eigenen Mittelpunkt gedreht werden kann. Ausnahmsweise kommt auch wohl eine eigenthümliche Befestigung der Sklerotika in der Augenhöhle durch einen Knorpelstiel (bei Knorpelfischen) vor, mit welchem sie gelenkartig verbunden ist, ohne daß jedoch dabei die Drehung des Auges gänzlich aufgehoben wäre. Solche Drehung des Auges, welche der Mensch an seinen eigenen Gesichtsorganen in jedem Augenblicke beobachten kann, erklärt sich in Beziehung auf ihren Zweck schon aus dem Vorhergehenden wenigstens zum großen Theile. Soweit nämlich irgend ein bestimmter Theil der Netzhaut die übrige Ausdehnung derselben an Feinheit der örtlichen Unterscheidung übertrifft, ist es natürlich von Wichtigkeit für das Thier, daß es im Stande sey, die Bilder wahrgenommener Gegenstände, welche es genauer sehen will, auf diesen Theil der Netzhaut fallen zu lassen. Zu dem Behufe muß das Auge passend bewegt, es muß, wie man das auszudrücken pflegt, auf den Gegenstand gerichtet werden. Dieß kann nun zwar auch durch veränderte Stellung des Kopfes oder des ganzen Körpers geschehen, wird aber mit viel größerer Bequemlichkeit zum Theil durch die Drehbarkeit der Augen selbst erreicht. In soweit aber die scharf sehenden Stellen beider Netzhäute gleichzeitig auf einen Punkt gerichtet werden sollen, kann ein gewisser Grad von Drehbarkeit der Augen durch gar nichts ersetzt werden, indem hierbei die relative Stellung der optischen Axen beider Augen nothwendig verschieden seyn muß, je nachdem der fixirte Punkt ferner oder näher liegt.

Bleiben wir jedoch vorläufig bei der Betrachtung des einzelnen Auges. Die Muskeln, durch welche die verschiedenen Richtungen desselben bewirkt werden, sind sehr allgemein in der Zahl von 6 vorhanden, 4 sog. gerade und 2 schiefe. Die geraden Augenmuskeln treten aus der Tiefe der Augenhöhle divergirend an den Augapfel, nehmen denselben so zwischen sich, daß ein Muskel auf ihm (m. rectus superior), einer unter ihm (m. r. inferior), einer nach der Nasen- und einer nach der Schläfenseite an ihm (m. r. internus u. externus) liegt. Sie befestigen sich am vordern Umfange des Auges etwas rückwärts von der Grenze der Sklerotika und Hornhaut. Ihre Wirkung ist im Allgemeinen leicht begreiflich, indem jeder derselben, für sich wirkend, das Auge Gegenständen zuwendet, welche nach seiner Seite hi

Fig. 310.



Das linke Auge, von Außen.

a Hornhaut; b Sklerotika; c Sehnerv; d gerader, unterer Muskel; e gerader, oberer Muskel; f abgeschnittenes Vorderende des äußeren, geraden Muskels; g Anheftung des unteren, schiefen Muskels; h der obere, schiefe Muskel; i Aufheber des oberen Augenlides; k Thränendrüse.

liegen, während die Combinationen von je zwei einander nicht gerade entgegenwirkenden Muskeln die dazwischen liegenden Richtungen hervorbringen.

Weniger klar ist die Wirkung der beiden schiefen Muskeln, m. obliquus superior und m. obliquus inferior. Zwar läßt sich mit aller Bestimmtheit angeben, wie ein jeder dieser Muskeln für sich, wie beide zusammen, wie jeder derselben mit einem beliebigen geraden Augenmuskel zusammen das Auge bewegen würde*), aber wir wissen eben nicht hinreichend, wann, in welchen Combinationen, diese Muskeln in Spannung zu treten pflegen, und ein einzelnes Wirken derselben ist nicht wahrscheinlich. Zu vermuthen ist es, daß sie eine später zu erwähnende Funktion in Bezug auf das Zusammenwirken beider Augen haben. Die Möglichkeit einer Wirkung auf die Form des Auges wurde oben erwähnt. Die Anlage dieser Muskeln, ihre Richtung gegen das Auge (in soweit daraus auf ihre Wirkung geschlossen werden kann) ist die: daß die Sehne des m. obliquus superior vom obern Theile der Nasenwand der Augenhöhle über den höchsten Punkt des Auges läuft und sich jenseits desselben, nach der Schläfenseite hin befestigt, während der m. obliquus inferior vom untern Theile der Nasenseite der Augenhöhle unter dem tiefsten Punkte des Auges hingeht, die Schläfenseite des Augapfels umgibt und sich dort befestigt. So bilden diese beiden Muskeln mit ihren Sehnen eine Art von Gürtel um das Auge, welcher jedoch nicht ganz so liegt, daß eine durch ihn gelegte Ebene von der optischen Achse des Auges normal durchschnitten würde. Es liegt vielmehr die Schläfenseite dieses Gürtels mehr dem Augengrunde zu. So also würden die beiden Muskeln zusammen das Auge gleichsam einschnüren gegen die Stellen der Augenhöhle hin, von welchen aus die Muskeln oder Sehnen gegen das Auge laufen, also nach Innen und Vorn. Bei allen durch diese Muskeln bewirkten Drehungen könnte das Auge in so weit unbewegt bleiben, daß sein Schwerpunkt unverrückt denselben Platz behauptete, indem wir uns denken können, daß er zugleich der Drehpunkt des Auges wäre, d. h. ein Punkt, in welchem alle möglichen Drehungsaxen des Auges sich schnitten. In der That wird dieß auch vollständig oder annäherungsweise bei vielen Thieren sich so verhalten, namentlich aber dort, wo die Augenhöhle vorzugsweise von knöchernen Wandungen umgeben ist. Stützt sich das Auge auch nicht unmittelbar gegen dieselben, so liegen doch die Fett- und Zellgewebepolster zu fest darin, als daß dem Auge, welches von diesen zu einem großen Theile umgeben ist, bedeutende Ortsveränderungen möglich wären. — Diese Drehungen des Auges sind aber auch wohl in allen Fällen die wichtigsten Funktionen der Augenmuskeln, und wie wir von der ganzen Haltung unseres Körpers in jedem Augenblicke eine Vorstellung haben, wie sich damit eine Vorstellung des Verhaltens der einzelnen Glieder zum Körper nothwendig verbinden muß (vgl. Tastsinn), so haben wir auch durch die Augenmuskeln immer einen sehr genauen Eindruck von der jedesmaligen Richtung der Augen und dadurch von dem Lagenverhältnisse der fixirten Gegenstände zu unserm Körper.

*) Ich sage, daß sich dieß mit aller Bestimmtheit angeben läßt, und vergesse dabei keineswegs, daß sehr tüchtige Physiologen verschiedener Ansicht über diese Wirkung gewesen sind, auch wohl noch jetzt sind. Es beruhen aber diese Ansichten auf fehlerhaften Methoden, mangelhafter Auffassung räumlicher und mechanischer Verhältnisse. Man wird dieß Urtheil wohl weniger anmaßlich finden, wenn ich offen gestehe, daß mir diese Verhältnisse eben so wenig klar waren, bis mir Listing zeigte, wie äußerst einfach sie sind, sobald es feststeht, daß das Auge sich nur dreht, nicht verschiebt. B.

Bei vielen Thieren aber ist die Augenhöhle weniger solid gebildet, als bei Menschen und Affen, wie schon bei Beschreibung des Schädels erwähnt worden ist; sie steht nach der Schläfenhöhle weit offen bei vielen Säugethieren, sie bildet nur einen knöchernen Rahmen ohne Boden bei den Batrachiern u. s. w.

In diesen Fällen ist denn auch eine eigentliche Ortsbewegung des Auges, Zurückziehen und Vortreten nicht bloß möglich, sondern wir finden einen eigenen Mechanismus, um dasselbe zu bewirken: einen musculus retractor, welcher, zwischen den geraden Augenmuskeln im Hintergrunde der Augenhöhle befestigt, sich als eine große trichterförmige Masse oder auch mit mehreren einzelnen Bündeln an den Hintergrund des Auges setzt. Auch erkennen wir einen besonderen Zweck dieser Bewegungen: sie hängen mit der Beschützung des Auges durch die Augenlider zusammen. Wir geben also eine Uebersicht der Entwicklung der Augenlider bei den Wirbelthieren und zeigen, wie sie zum Schutze des Auges geschlossen werden, wobei dann auch diese Bewegungen der Augen ihre Rolle spielen. Wir unterscheiden drei Augenlider, von welchem Apparate bald der eine, bald der andere Theil mehr entwickelt ist, häufig auch alle drei oder gar keines sich ausgebildet zeigt. Die beiden Hauptaugenlider, wie sie der Mensch besitzt, kommen allgemein bei Säugethieren und Vögeln, auch bei vielen Reptilien vor, während sie anderen und den meisten Fischen fehlen. Bei einem Theile der Reptilien aber (namentlich Schlangen) sind dieselben mit einander verwachsen und durchsichtig, so daß sich vor der Hornhaut ein mit Thränenflüssigkeit gefüllter, nach vorn von dieser dünnen Augenlidplatte begrenzter Raum, gleichsam noch eine Augenkammer findet. Mit Ausnahme dieses Falles stellen diese Augenlider zwei Hautfalten vor. Die innere Platte einer jeden derselben besteht aus einer zarten Haut, der Fortsetzung der sog. tunica conjunctiva oculi, welche die Hornhaut als eine dünne, durchsichtige, eng angewachsene Schicht überzieht, die Sklerotika an ihrem vordern Theile locker bedeckt und sich von da umschlägt, als t. conjunct. palpebrarum (vergl. die obige Ansicht des geöffneten Auges). Zwischen diesem innern und dem äußern Hautblatte liegen Drüsen und Muskelfasern. Die Drüsen (Meibom'sche Drüsen) öffnen bei den Säugethieren sich auf dem Augenlidrande nach innen von den Wimpern, wo sich diese finden. Es kommen die Wimpern aber namentlich den Säugethieren ziemlich allgemein zu. Bei den Vögeln sind sie selten, bestehen jedoch bei einigen, namentlich dem Strauße, aus ähnlichen Borsten, wie bei den Säugethieren, bei anderen aus Federchen mit sehr wenig entwickelter Fahne.

Bei den Vögeln sind die Meibom'schen Drüsen durch eine größere, am innern (vordern) Augenwinkel gelegene Drüse (Harder'sche Drüse) ersetzt. Die Muskelfasern laufen den Rändern der Augenlider im Ganzen parallel und dienen zum Verschluß derselben. Das obere Augenlid hat aber auch einen Hebemuskel, dessen Fasern von oben herab in das Lid laufen und das Auge öffnen. Das untere Lid nimmt an dieser Oeffnung meist nur durch Erschlaffung seiner Schlußmuskeln, elastische Spannung seiner Haut u. s. w. Theil.

Als Besonderheiten verdienen noch Erwähnung namentlich zwei Einrichtungen bei Reptilien. Bei einigen nämlich (Scincoiden) findet sich darin eine Annäherung an die Schlangen, daß im untern, beweglichern Augenlide eine durchsichtige Stelle sich findet, so daß auch hier ein Sehen noch durch das Augenlid möglich ist. *) — Eine andere eigene Einrichtung haben manche Batrachier, namentlich die eigentlichen Frösche. Hier sind die beiden Augenlider, so weit sie für gewöhnlich gesehen werden, sehr kurz. Will der Frosch die Augenlider schließen, so muß er die Augen durch einen eigenen Muskel abwärts ziehen, welcher daher den Namen retractor oder suspensorius oculi verdient. Dieß ist der vorhin schon angedeutete Muskel, welcher bei vielen anderen mit etwas kurzen Augenlidern begabten

---

*) Wenn diese Platte die passende Form hätte, so würde sie als Brille dienen, einen bedeutenden Theil der Anpassung des Auges bewirken können, — wenn sie beim Sehen für gewisse Entfernungen benutzt, bei anderen weggelassen würde.

Reptilien eine ähnliche Funktion, wenn auch im geringeren Maaße als bei den Fröschen versieht, bei den Säugethieren aber wieder eine andere Wirkung hervorbringt. Doch ist es nicht bloß die besondere Entwicklung der Bewegung der Augen und die Kürze der Augenlider, was die Frösche einer besondern Erwähnung werth macht, sondern an dem untern Augenlide befindet sich noch, wie ein breiter Saum, eine sehr dünne Verlängerung, welche ihren besondern Mechanismus hat, durch welchen sie hervorgezogen und über die Hornhaut geführt werden kann. Da nämlich, wo am innern Augenlidwinkel sich das eine Ende des Randes dieser feinen Falte befindet, setzt sich eine Sehne daran, welche an der Nasenseite des Augapfels um diesen herum nach hinten läuft und durch einen hinter dem Auge liegenden Muskel gespannt wird.

Bei manchen Reptilien und den meisten Säugethieren, allen Vögeln und sehr wenigen Fischen (Haien) findet sich das dritte Augenlid (Nickhaut: palpebra tertia, membrana nictitans), welches, stets vom innern Augenwinkel her, sich mehr oder weniger über das Auge zu bewegen im Stande ist. Die Art der Bewegung der Nickhaut ist aber sehr verschieden, wir erwähnen, was man über diese Einrichtung an Säugethieren und Vögeln leicht beobachten kann und ermittelt hat. Bei den Säugethieren hat man, wie es mir scheint ganz richtig, die Bewegung der palpebra tertia von dem musc. suspensor. oculi hergeleitet.

Dieses Augenlid, an der Nasenseite des Augapfels gelegen, enthält nämlich einen Knorpel, welcher gegen den freien Rand desselben hin in einer sehr dünnen Ausbreitung endigt, nach seinem tiefer in die Augenhöhle ragenden oder hintern Theile hin sich aber bedeutend verdickt, so daß er zwischen Auge und Nasenwand der Augenhöhle eingeklemmt ist. Spannt sich nun der musc. suspensor. an und zieht das Auge zurück, so nimmt der Druck des Auges gegen diesen Knorpel zu und er weicht demselben nach vorn aus und schiebt so die palpebra tertia hervor. Es hängt dieser Mechanismus aber noch damit wesentlich zusammen, daß bei den Säugethieren, welche eine ausgebildete palp. tertia und einen solchen musc. retractor haben, die Augenhöhle nach der Schläfengrube hin nicht durch eine vollständige Knochenwand, sondern großentheils durch eine elastische Membran (beim Bären hat sich hier ein eigenthümlicher Muskel gefunden) begrenzt ist. Wenn hier (wie bei Menschen und Affen) eine knöcherne Wand ist, so kann das Auge gar nicht zurücktreten. Es fehlt dann der betreffende Muskel und die palp. tertia ist rudimentär. Wo sich aber die elastische Scheidewand findet, da kann das Auge zurückgezogen werden, zugleich aber wird es durch diese Wand stärker gegen die Nasenwand der Augenhöhle und das dicke Ende des Knorpels der palp. tertia gedrückt.

Ganz anders aber ist die Einrichtung bei den Vögeln. Hier wird die palpebra tertia, ebenso wie bei den Fröschen jener zarte Rand des untern Augenlides, mittelst einer um den Augapfel laufenden Sehne von einem hinter dem Auge liegenden Muskelapparate in Bewegung gesetzt. Hier aber hat dieser Apparat seine Anheftung am Auge selbst, während er beim Frosche an der Augenhöhlenwand sich befestigt; er besteht auch nicht aus einem einzigen, sondern aus zwei Muskeln, welche auf eine sehr eigenthümliche Weise zusammenwirken. Der eine dieser Muskeln besteht aus einer Reihe von kurzen Bündelchen, welche von einer Bogenlinie entspringen, welche ungefähr um die Anheftung des Sehnerven als Centrum liegt und etwa die Hälfte eines Kreises bildet. Die sämmtlichen Bündelchen convergiren gegen den genannten Mittelpunkt, erreichen ihn jedoch bei Weitem nicht, so daß ihre inneren Enden einen zweiten, engeren Halbkreis bilden. An diesem Rande ist nun ein sehniges feines Röhrchen der Länge nach befestigt, durch welches die Sehne der palpebra tertia läuft. Der Muskel, von welchem sie ausgeht, liegt dem einen Ende des halbkreisförmigen Muskels gegenüber, seine Sehne tritt in das Röhrchen und aus dem andern Ende wieder hervor, um den Augapfel herum zur palpebra tertia. Der halbkreisförmige Muskel verstärkt natürlich die Spannung der Sehne. Der Hauptnutzen des Apparates ist aber gewiß, eine allzu

locale Zerrung des Augengrundes zu vermeiden, was um so nöthiger ist, als der hintere Theil der Sklerotika selbst bei sehr großen Vogelaugen sich sehr dünn findet.

Der Nutzen der Augenlider im Allgemeinen besteht nicht nur darin, die Augen gegen äußere Berührungen, eventuell auch gegen zu intensives Licht zu schützen, sondern auch die Oberfläche des Auges feucht und rein zu erhalten. Zu diesem Ende sind in der Augenhöhle der Thiere, welche nicht im Wasser leben, sehr allgemein Thränendrüsen vorhanden, deren wässerige Ausscheidung sich unter das obere Augenlid ergießt und somit bei den Bewegungen der Augenlider über den freiliegenden Theil des Augapfels ausgebreitet wird. Der stete Nutzen dieser Befeuchtung ist die Erhaltung einer gleichmäßigen Oberfläche für den Durchgang des Lichtes. Jedes Trockenwerden der Oberfläche des Auges würde eine Trübung zur Folge haben und es würde zudem, bei Mangel einer solchen äußern Befeuchtung, die Verdunstung der Feuchtigkeit der vordern Augenkammer durch die Hornhaut hindurch wohl zu rasch geschehen. Eventuell dienen die Thränen zum Hinwegspülen schädlicher Gegenstände, welche auf die Oberfläche des Auges gelangen. Sind es Flüssigkeiten, so werden sie durch Thränenerguß verdünnt u. s. w.

Nach diesem Ueberblicke der Einrichtungen und Funktionen des Auges, bleibt noch ein wichtiger Punkt zu überlegen: die Zusammenwirkung beider Augen. Die Stellung der Augen ist bei den verschiedenen Wirbelthieren sehr verschieden. Die Richtung der Augenachsen geht bei sehr vielen Thieren horizontal, bei anderen aber auch mehr oder weniger aufwärts; bei manchen sind die Augenachsen beide ziemlich gleichmäßig nach vorn gerichtet, bei anderen mehr und mehr nach beiden Seiten. Im letzten Falle nun, welcher sich namentlich bei Fischen oft ausgebildet findet, tritt sehr offenbar der Nutzen hervor, daß die beiden Augen einen viel größern Gesichtskreis beherrschen, als ein einzelnes Auge es vermöchte. Je mehr aber die beiden Augen gleichmäßig nach vorn sehen, um so mehr geht dieser Vortheil verloren, und wenn bei dem Menschen noch der Nasenrücken sich so weit erhebt, daß er den Blick jedes Auges nach der Seite des andern Auges hin beschränkt, so ist dieß bei manchen Säugethieren, namentlich Affen, auch nicht mehr der Fall, die Gesichtsfelder beider Augen müssen ganz oder fast ganz zusammen fallen. Hat also auch bei diesen Thieren die Doppeläugigkeit noch einen Nutzen, so muß es ein anderer seyn. Nun zeigt die Beobachtung unseres eigenen Sehens, daß wir, wiewohl das eine Auge fast alle dieselben Objekte sieht, wie das andere, von den meisten Objekten also zwei Bilder in uns vorhanden sind, dennoch für gewöhnlich den Eindruck erhalten, nur einfach zu sehen. Diese Erscheinung erklärt man sich so, daß jeder Punkt in einem Auge einem bestimmten Punkte im andern Auge so entspricht, daß Gesichtseindrücke, welche auf zwei solche Punkte fallen, von einander nicht unterschieden werden. Diese Punkte müssen natürlich in beiden Augen genau in denselben Verhältnissen zu einander liegen. Sind zwei solche Punkte, einer in jedem Auge, bekannt, so müssen zwei beliebige andere in ganz gleichen Entfernungen und Richtungen von diesen liegen, um einander ebenfalls zu entsprechen.

Mit dieser Ansicht stimmt nun auf das Genaueste auch das überein, was wir über die Bedingungen ausfindig machen können, unter welchen wir dasselbe Objekt nicht einfach, sondern doppelt sehen. Bei dem gewöhnlichen Sehen wirken offenbar die Augenmuskeln so, daß die beiden Augenachsen, nach außen verlängert, sich in dem fixirten Objekte schneiden. Dann bilden sich die fixirten Punkte an den hintern Enden beider Augenaxen ab und werden einfach gesehen. Es läßt sich nun zeigen, daß unter den obigen Voraussetzungen auch gleichzeitig alle die Objekte sich in beiden Augen auf correspondirenden Punkten abbilden, also einfach gesehen werden, welche mit dem fixirten Punkte zusammen in einer gekrümmten, gegen das Auge concaven Ebene enthalten sind, deren Krümmung in jedem Falle durch die Entfernung des fixirten Punktes von den Augen bestimmt wird. Alle Objekte dagegen, welche diesseits oder jenseits jener Ebene (Horopterebene nach Joh. Müller) sich befinden, können sich nicht auf je zwei entsprechenden Punkten abbilden, sollten daher doppelt erschei-

nen und thun dieß auch wirklich. Dieß ist nun zwar für alle bedeutend seitlich von den fixirten Punkten gelegene schwer mit Bestimmtheit zu erkennen, weil wir überhaupt in den von der macula lutea entfernten Punkten schlecht sehen, während es mit einiger Aufmerksamkeit für solche Gegenstände alsbald wahrgenommen wird, welche in derselben Richtung von uns liegen, wie der fixirte Gegenstand. Auf dem Umstande nun, daß unsere Augenmuskeln stets die Augen instinktmäßig so richten, daß die Augenachsen sich in dem fixirten Punkte schneiden, beruht ein großer und wichtiger Theil unserer Beurtheilung der Entfernung der Objekte, und auf dem Doppeltsehen der weiter oder weniger entfernten Punkte beruht ein großer Theil des Unterschiedes zwischen dem Eindrucke, welchen die wirklichen, in drei Dimensionen ausgedehnten Objekte einerseits und getreue bildliche (auf einer Fläche entworfene) Darstellungen derselben anderseits machen.

Das Zusammenwirken beider Augen ist also für den Menschen ein wesentliches Mittel zur Erkennung der dritten Dimension, der Entfernung der Gegenstände von dem Beobachter. Freilich hat dieses Mittel nur bei sehr mäßigen Entfernnngen eine bedeutende Wirksamkeit, ist aber eben da auch besonders wichtig. Man braucht nur irgend eine feinere Beschäftigung der Hände zu treiben und dabei ein Auge zu schließen, um sich alsbald von der Schwierigkeit zu überzeugen, welche dadurch entsteht. Es gibt wohl keinen Grund, zu bezweifeln, daß Aehnliches auch bei sehr vielen Thieren stattfinden wird. Wenn aber die Richtungen der beiden Augenachsen in bedeutenderem Maaße divergiren, so wird ein immer größerer Theil des Gesichtsfeldes nur in je einem Auge sich abbilden.

Es können dann nur geringe Abtheilungen der Netzhäute seyn, welche einander entsprechen, und der Theil jeder Netzhaut, welcher in dem andern Auge einen entsprechenden besitzt, muß nothwendig eine excentrische Lage haben: auf der linken Netzhaut links, auf der rechten rechts von der Augenaxe oder dem Mittelpunkte der Netzhaut. Diese Gegenden der Netzhaut sind aber für scharfes Sehen schon deßhalb weniger geeignet, weil von den Objekten, welche sich darauf abbilden, weniger Licht auf die Retina gelangen kann, indem diese Lichtstrahlen schräg durch die Cornea und Pupille gehen. Es ist also nicht anzunehmen, daß bei so gestellten Augen, ebenso wie bei den unsrigen, die Mittelpunkte der einander entsprechenden Theile beider Netzhäute die Stellen des schärfsten Sehens sein werden. *)

Wir wollen hier schließlich noch eine Einrichtung der Sehnerven erwähnen, welche man nicht ohne Grund mit der Correspondenz bestimmter Netzhautstellen in Beziehung gesetzt hat. Es findet sich bei den Säugethieren eine Verbindung zwischen den beiden Sehnerven, das sogenannte chiasma nervor. opticor., eine Brücke aus Nervenfasern, durch welche theils Fasern, welche links am Gehirn entspringen, zur rechten Retina, theils solche der rechten Nervenwurzel zur linken Retina verlaufen. Bei vielen anderen Thieren, namentlich Fischen, vielleicht auch Vögeln, findet dagegen eine vollständige Kreuzung der beiden Nerven statt, so daß alle Fasern der rechten Wurzel zum linken, die Fasern der linken Wurzel dagegen zum rechten Auge laufen. Man könnte sich nun wohl vorstellen, daß im ersten Falle die Correspondenz je zweier Netzhautstellen damit zusammenhänge, daß die Fasern, welche an diesen Stellen ihr empfindendes Ende haben, an ihrem Ursprunge oder in ihrem Verlaufe in besonders naher Beziehung zu einander stehen, während bei vollständiger Kreuzung der Nerven eine solche

---

*) Es ist mir einige Male aufgefallen, daß Kolkraben, welche im Ganzen sehr vorsichtig und aufmerksam sind, mich leicht auf Schußnähe herankommen ließen, wenn sie ruhig (unbeschäftigt) saßen und ich ihnen gerade von vorn kam. Jeder hat auch wohl leicht bemerkt, wie die Vögel beim Fixiren eines Gegenstandes sehr gewöhnlich entschieden mit einem Auge sehen. Gleichwohl müssen sie in vielen Fällen, namentlich beim Gebrauche des Schnabels, Aufpicken von Körnern u. dgl. mit beiden Augen zusammen auch gut sehen. Man könnte fast auf die Vermuthung kommen, daß die Focaldistanz solcher Augen verschieden wäre für Strahlen, welche in verschiedenen Richtungen einfallen. Die Ungleichförmigkeit des Augengrundes (bei den Eulen auffallend) ließe sich wohl auf eine solche Vermuthung beziehen.

Beziehung fehlt. Indessen ist unser anatomisches und physiologisches Wissen hier noch zu lückenhaft, um eine solche Betrachtungsweise durch die Thierreihe hindurchzuführen.

In den Gesichtswerkzeugen der Wirbellosen finden wir fast durchweg Apparate, welche an Entwicklung und Werth gegen die der Wirbelthiere zurückstehen. Sehen wir auf die Größe dieser Geschöpfe, die durchschnittlich sehr weit hinter der der höheren Thiere zurückbleibt, auf die Ortsbewegung derselben, die nur in einigen Fällen an relativer Schnelligkeit mit der der Vertebraten sich messen kann, so wird uns dieser Umstand nicht überraschen.

Sehr viele unter den Wirbellosen sind blind, die größere Mehrzahl kurzsichtig, und oft in einem solchen Grade, daß das Verhältniß zu den Tastwerkzeugen ein umgekehrtes wird, wie bei den Wirbelthieren: die Taster reichen hier oft weiter als die Augen; letztere können dann nicht mehr hauptsächlich die Ortsbewegung leiten, sie dienen wohl weit mehr zur Untersuchung schon ergriffener Gegenstände u. s. w.

Die durchsichtigen Medien im Auge der Wirbelthiere sind, wie wir gesehen haben, der Art, daß durch sie eine Sammlung der von einem Punkte ausgehenden divergirenden Strahlen wiederum in einem Punkte, und zwar gerade auf der Netzhaut, möglich wird. Die Augen der höheren Thiere besitzen lichtbrechende collective Medien. Offenbar ist eine solche Einrichtung sehr zweckmäßig, und mehr als irgend eine andere im Stande, die Perception eines Bildes zu vermitteln. Erklärlich deßhalb, daß wir dieselbe Einrichtung auch in den meisten Augen der niederen, wirbellosen Thiere antreffen.

Es ist diese Art der optischen Apparate aber keineswegs die einzig mögliche, auch nicht die einzig vorhandene. Wir kennen Augen, die nach einem andern abweichenden Principe in der Anordnung der durchsichtigen Medien gebaut sind, die nicht durch Sammlung der einzelnen Lichtstrahlen sehen, sondern durch einfache Sonderung und isolirte Leitung derselben.

Wie wir uns später überzeugen werden, haben diese Augen die Fähigkeit, mit einer fast gleichen Schärfe in die größte Nähe und weiteste Ferne zu sehen. In diesem Umstande finden wir auch die teleologische Nothwendigkeit derselben für gewisse Thierformen, die mit großer Schnelligkeit der Bewegung eine geringe Größe des Körpers verbinden. Auch die Augen der Wirbelthiere mit collectiven Medien können sich freilich einer verschiedenen Weite anpassen, aber diese Fähigkeit ist doch so sehr limitirt, daß derartige Apparate für die Bedürfnisse jener anderen Thierformen nicht ausreichen würden, und überdieß an gewisse Einrichtungen gebunden, die bei geringer Körpergröße schon aus räumlichen Rücksichten nicht angebracht werden konnten.

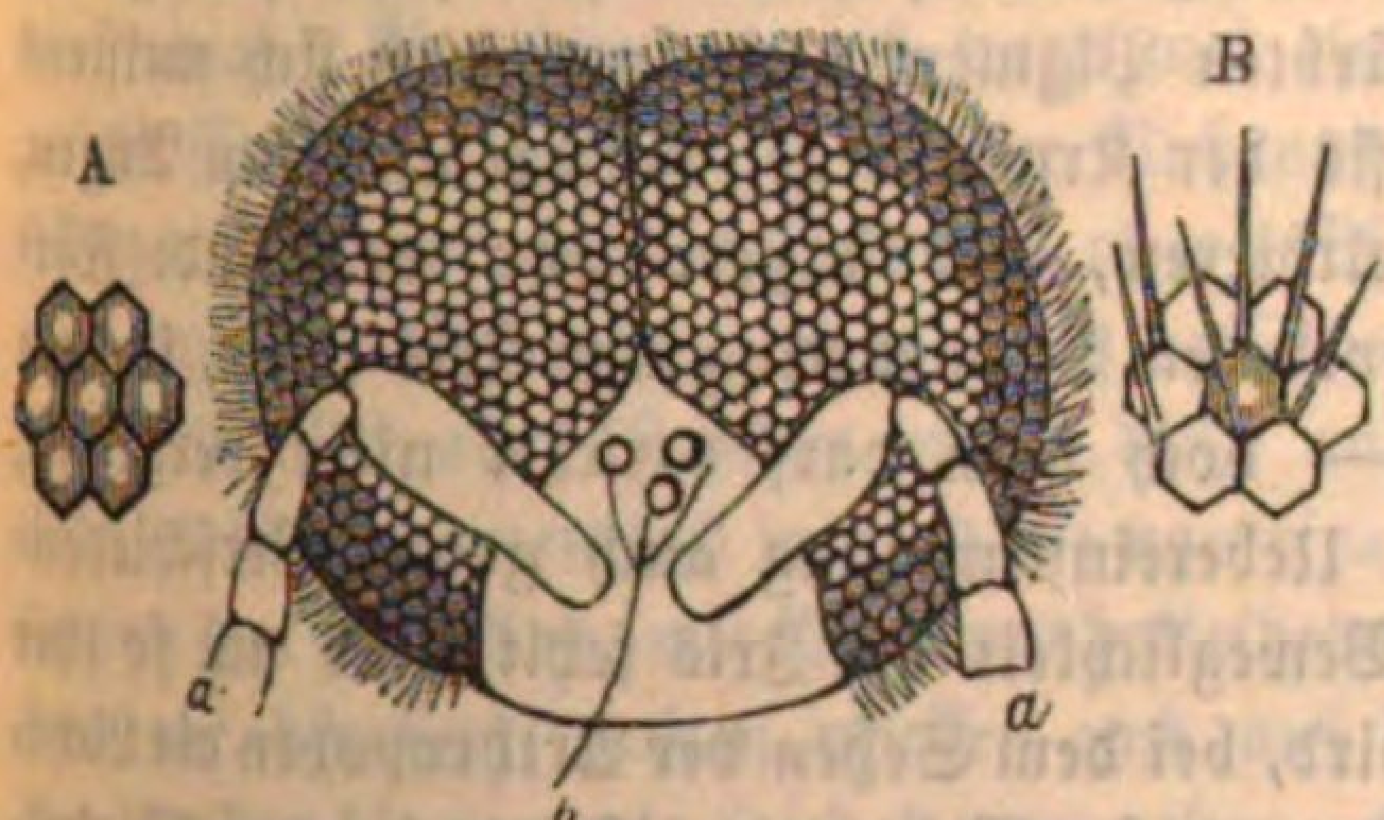
Die Insekten und Crustaceen sind es, bei welchen wir diese neue Form der Gesichtswerkzeuge antreffen. Sie tragen, wegen ihres eigenthümlichen Baues, den Namen der zusammengesetzten Augen. Wie die Augen der Wirbelthiere liegen sie gewöhnlich an den Seiten des Kopfes dicht vor den Antennen, seltener und nur bei den höhern Krebsen (den sogenannten Podophthalmen) auf der Spitze des vordersten kurzen und ungegliederten Antennenpaares, das dann kaum eine andere Bedeutung, als die eines Augenstieles zu haben scheint. Was diese Augen schon auf den ersten Blick von den Augen der Wirbelthiere unterscheidet, ist die vollständige Abwesenheit einer besondern äußeren Umhüllung, einer Sklerotika. Sie sind mit ihren einzelnen constructiven Bestandtheilen unmittelbar in die Substanz des Körpers eingebettet. Eine direkte Folge dieser Anordnung ist die Bewegungslosigkeit. Die Augen sind in einer festen Verbindung mit dem Körper, so daß sie nur durch die Bewegungen des letztern, in geringerm Grade auch durch die Drehungen des Kopfes, Richtung und Gesichtsfeld ändern können. Die einzige Ausnahme machen die Podophthalmen, deren Augenstiele, gleich den übrigen Körperanhängen, beweglich sind. Dafür aber ist hier der Kopf sehr fest mit dem übrigen Rumpfe verwachsen.

In diesem Verhältniß eine Wiederholung der bei den Wirbelthieren vorkommenden kunstvollen Einrichtung von Augenmuskeln sehen zu wollen, ist jedenfalls unpassend, nicht bloß

aus dem eben angeführten anatomischen Grunde, sondern auch deßhalb, weil die Art der dadurch möglich gewordenen Bewegungen eine ganz verschiedene ist.

Bei der Abwesenheit der Sklerotika muß ferner auch eine eigentliche Cornea, die ja wesentlich bloß das vordere durchsichtige Segment dieser Augenhülle darstellt, fehlen. Der Mangel dieses Gebildes ist dadurch ersetzt, daß die äußere Körperhaut, hinter der die Augen liegen, durchsichtig ist, wie sonst die Cornea, und den Durchtritt der Lichtstrahlen gestattet. Nur in uneigentlicher Weise darf man deßhalb diese Körperhaut, die ununterbrochen (wie etwa bei den Schlangen) über die Augen hinläuft, geradezu als Cornea bezeichnen, obgleich solche Benennung sehr gewöhnlich ist. In der Form und Ausdehnung dieser Augenhaut, wie auch in der Wölbung derselben, finden sich mancherlei Verschiedenheiten, die bei einer Vergleichung sehr leicht auffallen, auch zum Theil späterhin noch besonders berücksichtigt werden müssen. Betrachtet man die Augenhaut näher, dann bemerkt man in den meisten Fällen, und namentlich bei fast allen Herapoden und höheren Crustaceen, zahlreiche sehr regelmäßige Furchen, die sie netzartig durchziehen und in eine große Menge kleiner, sechseckiger oder viereckiger Felder, sogenannter Facetten, theilen. Nur bei den niederen Krebsen fehlt eine solche Facettirung der Augenhaut oder beschränkt sich doch nur auf die unteren Schichten derselben. Hier ist dann die äußere Augenhaut ganz glatt und, bei der verhältnißmäßig nur geringen Krümmung, in kleinen Segmenten als vollkommen eben anzusehen. Anders aber ist es bei der facettirten Augenhaut, deren einzelne Felder in manchen Fällen allerdings gleichfalls eben sind, weit häufiger aber vorn und hinten etwas convex erscheinen, wie schwache Linsen. Hinter dieser Augenhaut liegen die durchsichtigen lichtleitenden Medien. Ganz abweichend von der Anordnung bei den Wirbelthieren, bestehen diese hier aus einer großen Menge von pyramidalen oder kegelförmigen Körpern, die neben einander senkrecht auf der innern Fläche der Augenhaut aufsitzen, und mit ihren Spitzen, die nach innen gekehrt sind, convergiren. Wo die Augenhaut facettirt ist, da entspricht je ein solcher Körper einer Facette. Viereckige Facetten haben vierseitige Pyramiden, sechseckige dagegen sechsseitige oder kegelförmige Körper. Die Basis, die den Facetten anliegt, ist bald eben, bald aber auch, zur Aufnahme der hintern Wand der Facette, etwas ausgehöhlt. Wo dagegen eine glatte Augenhaut vorkommt, da ist die Form der Glaskörper gewöhnlich eine mehr birnförmige. Die Zahl der Glaskegel in dem Auge wechselt bei den einzelnen Arten sehr bedeutend, je nach der Größe des Auges und der Größe der Kegel selbst. In der Regel ist dieselbe sehr beträchtlich, höher als 1000, bei dem Todtenkopf 12000, in andern Fällen, wie bei der Ameise, dagegen nur etwa 50. Ebenso verschieden ist das Verhältniß der Längenaxe zum Durchmesser der Basis, bald, wie bei dem Flußkrebs, = 10: 1, bald, bei Sphinx, = 5: 1, bald auch, bei Musca z. B., = 2: 1.

Fig. 311.



Kopf der Biene,
von vorn mit Antennen (*a*), facettirten und einfachen Augen (*b*). *A B.* Facetten isolirt, zum Theil mit Haaren an den Rändern.

In den meisten Fällen sind diese Glaskörper vollkommen einfach und ohne weitere Zusammensetzung. Manchmal indessen kann man sich davon überzeugen, daß dieselben am vordern und hintern Ende eine abweichende Consistenz und Durchsichtigkeit haben, und dann aus einer dreifachen Masse bestehen, aus einem vordern prismatischen oder cylindrischen Abschnitt, der hier und da (namentlich bei manchen Crustaceen) zu einer förmlichen biconvexen Linse wird, aus einem mittlern und einem hintern, von denen der letztere den vorhergehenden mittlern Abschnitt kelch- oder becherförmig umfaßt. An der hintern oder innern abgerundeten Spitze steht nun ein jeder dieser Krystallkegel mit einer einzigen Nervenfaser in Verbindung, die aus dem kugelförmigen Ende des nervus opticus

hervortritt. Ob aber die einzelnen Fasern dieses Nerven schon an der Spitze der Krystallkegel endigen, oder sich darüber scheidenartig noch eine Strecke weit nach vorn fortsetzen, ist noch nicht entschieden, jedoch scheint das Letztere wahrscheinlich. Bei den größeren Kegeln sieht man wenigstens sehr deutlich eine solche becherförmige Umhüllung, doch muß es zweifelhaft bleiben, ob dieselbe alle Elemente der Nervenfaser enthält, oder nicht vielmehr, wie es aus optischen Gründen sehr glaublich ist, bloß aus der häutigen Scheide der Nervenfaser bestehet. Es ist wohl anzunehmen, daß der Gesichtseindruck jedes Mal nur an der Spitze der Kegel wahrgenommen werden könne. Die ganze Masse der Krystallkegel und Sehnervenfasern ist in ein dunkles körniges Pigment eingebettet, welches durch zahlreiche feine Tracheenäste zusammengehalten wird und die einzelnen Elemente von einander scheidet. Nur bei einigen lichtscheuen Insekten, wie z. B. bei den Schaben, ist das Pigment ein helleres. Nach vorn reicht dieses Pigment bis zu den Facetten, ist aber hier sehr häufig von einem andern, hellern und oft sehr lebhaft gefärbten Pigment verdrängt, das sich meistens sogar ringförmig über die Ränder an der Basis der Krystallkegel hinlegt und den Augen, gleich dem Pigment der Iris bei den Wirbelthieren, ihre äußere sehr wechselnde Färbung gibt. Man mag immerhin in diesem vorderen Pigmentring eine Iris sehen, in dem hinteren dunkleren Pigment eine Choroidea — doch man darf darüber nicht vergessen, daß sich trotz der allgemeinen physiologischen Uebereinstimmung auch große Verschiedenheiten finden, und daß namentlich hier eine Beweglichkeit der Iris fehlt, und um so eher fehlen durfte, weil, wie noch erwähnt werden wird, bei dem Sehen der Arthropoden die Lichtstärke der gesehenen Gegenstände von einer minder großen Bedeutung ist, als bei den Wirbelthieren. Man kann gewissermaßen in den beiden zusammengesetzten Augen der Arthropoden Gesichtswerkzeuge sehen, in denen eine jede Sehnervenfaser ihre eigenen durchsichtigen Medien besitzt, während in den Augen der Wirbelthiere für die gesammte (zu einer Nervenhaut vereinigte) Masse derselben nur ein einziger Körper von brechender Substanz sich vorfand. Wäre nun aber das Sehen der Arthropoden auf dieselbe Weise vermittelt, wie bei den Wirbelthieren, entstände auch bei ihnen hinter den einzelnen brechenden Körpern nach den Gesetzen der Dioptrik ein umgekehrtes Bild der äußeren Gegenstände, dann wäre eine deutliche Gesichtsvorstellung ganz unmöglich. Einmal wäre dann die relative Lage der einzelnen Punkte (nicht etwa das ganze Gesichtsfeld) verkehrt, was zu ganz irrigen Anschauungen führen müßte; dann aber auch würden — was allerdings den ersteren Uebelstand zum Theil beseitigen möchte — nicht einmal die Bilder als Bilder percipirt werden können, sondern bloß als hellere und dunklere einfarbige Flecke, da ein jeder Krystallkegel nur mit einer einzigen Nervenfaser in Zusammenhang ist und solche, nach den Gesetzen der Nervenphysiologie, niemals mehrere gleichzeitige Eindrücke isolirt zu leiten vermag. Um ein Bild, nicht einen Punkt, zur Perception zu bringen, muß beständig eine größere Menge von Sehnervenfasern zugleich in Thätigkeit seyn.

Man erkennt hieraus die physiologische Nothwendigkeit, warum unter den gegebenen anatomischen Bedingungen das Sehen der Insekten und Krebse mit zusammengesetzten Augen abweichend seyn muß *) von dem Sehen der Wirbelthiere; man erkennt dieselbe Nothwendigkeit aber auch bei gehöriger Berücksichtigung der physikalischen Verhältnisse, die uns die durchsichtigen Medien eines solchen zusammengesetzten Auges bieten. Die Convexität der Facetten, oder auch der vor die Kegel bisweilen eingeschobenen Linsen, ist bei der wahrscheinlich nur geringen Brechungskraft wohl niemals so groß, daß der Focus derselben mit der hintern Spitze der Kegel zusammenfiele, und die Entwerfung eines präcisen Bildes möglich wäre. Am wenigsten ist dieß denkbar, wo die Facetten gar keine convexen Oberflächen be-

*) Die klassischen Untersuchungen von J. Müller (zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes) haben uns zuerst eine Einsicht in den Bau und die Physiologie der zusammengesetzten Augen gegeben. Auf sie verweisen wir auch hier zu näherer Belehrung.

sitzen. Unter solchen Umständen kann hier ein umgekehrtes Bild der äußeren Gegenstände hinter den durchsichtigen Medien der einzelnen Augen nicht entstehen. Ein jedes einzelne Auge sieht vielmehr nur einen einzigen Punkt eines Körpers, und zwar den, dessen Lichtstrahlen in der Richtung der Längsachse durch den Krystallkegel hindurchfallen. Der Achsenstrahl selbst geht ohne Weiteres durch den Kegel hindurch; die peripherischen Strahlen werden entweder theilweise durch die Wände des Kegels in das Pigment geleitet, während andere von den Wänden gegen die Spitze reflectirt werden mögen. Dieß hängt bekanntlich von den Winkeln ab, unter welchen sie auffallen, so wie von dem (unbekannten) Verhältnisse der Brechungsexponenten der Substanz der Kegel und ihrer Umgebung. Je mehr die Kegel von schlanker Form sind, um so mehr von den seitlichen Strahlen des Strahlenbündels wird im Hintergrunde des Kegels anlangen.

Da nun aber in dem zusammengesetzten Auge der Arthropoden die Krystallkegel wegen der radialen Anordnung nach vorn aus einander weichen, so müssen diejenigen Strahlen, welche für den einen Kegel in der Richtung der Längsaxe einfallen, zu der Oberfläche der übrigen Kegel unter einem kleineren oder größeren Winkel geneigt seyn, je nach der geringeren oder größeren Divergenz, oder, was dasselbe ist, je nach der Entfernung von dem ersteren. Wahrscheinlich aber ist schon in den dicht anliegenden Krystallkegeln der Einfallswinkel der Lichtstrahlen, namentlich wenn diese von einem nahe liegenden Punkt ausgehen, so groß, daß sie von den seitlichen, mit Pigment bekleideten Wänden nicht mehr gespiegelt werden können, sondern absorbirt werden müssen und auf diese Weise für die Perception verloren gehen. Um so eher können wir solches vermuthen, als durch die Anwesenheit der vordern pigmentirten Blendung die weniger divergirender Randstrahlen abgehalten sind, in den Krystallkegel zu gelangen. Die Krystallkegel dienen also zur Sonderung und isolirten Leitung der Lichtstrahlen. — Es fehlt im Augenblicke leider noch an einer streng durchgeführten physikalischen Analyse dieser Verhältnisse. Wir können nur im Allgemeinen ahnen, wie die oben erwähnten Verschiedenheiten in der Gestalt der Krystallkörper, in der Neigung der seitlichen Flächen, in der ebenen Beschaffenheit oder der Krümmung der Basalflächen und der Facetten, selbst vielleicht in dem Brechungsexponenten in dieser oder jener Hinsicht hier in Betracht kommen dürften. Doch es würde uns zu weit führen, darauf näher einzugehen. Wir begnügen uns mit dem Hauptresultate, was im Allgemeinen gewiß richtig ist, daß *derselbe Punkt immer nur* (natürlich bei relativer Ruhe des Punktes und des Auges) *von einem einzigen Kegel zur Perception gebracht werde, daß ferner auch durch einen jeden einzelnen Kegel in demselben Zeitabschnitte nie mehr als ein einziger Punkt zur Empfindung kommen könne.* Ein Punkt aber repräsentirt nur einen aliquoten Theil eines Bildes, das wir beständig aus mehr oder minder zahlreichen neben einander liegenden Punkten zusammengesetzt uns denken müssen. Soll ein solches wahrgenommen werden, dann muß auch eine entsprechende größere Anzahl von Kegeln durchleuchtet seyn, die einzeln je einen Punkt des äußern Gegenstandes zur Anschauung bringen. Mosaikartig wird dann das innere Bild aus einzelnen Theilchen zusammengesetzt, deren Anzahl sich nach der Menge der von den einzelnen Punkten aus durchleuchteten Kegel richten.

In solcher Art verhalten sich also die einzelnen optischen Apparate eines zusammengesetzten Auges nicht wie einzelne isolirte Organe, sondern in der That wie einzelne zusammenhängende Theile desselben Organes. Das zusammengesetzte Auge ist ein Auge, dessen Nervenfasern keine Retina bilden, sondern vereinzelt bleiben und einzeln sich je mit einem optischen Medium versehen. *)

*) In Beziehung auf diese Parallele zwischen dem einfachen Auge der Wirbelthiere und den zusammengesetzten der Arthropoden sey es erlaubt, noch beizufügen, daß im Auge der Wirbelthiere allerdings das Bild objectiv ein continuirliches, nicht musivisches ist. Da aber für uns die Netzhaut wesentlich aus einer Menge von Bezirken einzelner Nervenfasern besteht (theils sehr kleinen: in der macula lutea des Menschen, theils viel größeren: nach der Peripherie der Netzhaut hin), deren jede

Mit der verschiedenen Anzahl dieser Theilchen steht nun natürlicher Weise die Deutlichkeit des Bildes in geradem Verhältniß. Je mehr isolirte Punkte darin unterschieden werden, desto deutlicher muß es erscheinen. Während bei den Wirbelthieren die Deutlichkeit des Bildes vornehmlich von einem richtigen Lagerungsverhältniß zwischen Linse und Nervenhaut abhing, richtet sie sich hier nach der Zahl der Glaskörper auf einem bestimmten (gegebenen) Raume. Sind deren nur wenige vorhanden, so werden jedesmal mehr Lichtstrahlen zu einem gemeinsamen gemischten Eindrucke vereinigt, als im andern Falle; das Bild erscheint weniger specificirt. Wie sehr viel deutlicher muß deßhalb z. B. einem Schmetterling ein Körper erscheinen, als einer Ameise. — Um bei den Thieren mit collectiv dioptrischen Medien das Auge gleich geschickt für ein nahes und fernes Sehen zu machen, bedurfte es, wie wir gefunden haben, bestimmter innerer Veränderungen, die nur durch einen sehr complicirten Mechanismus zu erzielen waren; in den zusammengesetzten Augen dagegen sind diese Veränderungen und die darauf bezüglichen Einrichtungen unnöthig. Die Organisation der Gesichtswerkzeuge ist hier weit einfacher, dennoch aber für die Wahrnehmung von nahen wie von fernen Gegenständen passend. Alle Strahlen, die durch die Längsachse der Krystallkegel einfallen, werden percipirt, mögen sie von nahen oder fernen Gegenständen kommen. Insofern findet sich dabei allerdings eine Verschiedenheit in der Wahrnehmung, als von denselben Gegenständen in der Nähe eine größere Menge von Krystallkegeln senkrecht getroffen werden, als nahe Gegenstände also deutlicher erscheinen. Eine Grenze für das Sehen naher Gegenstände fehlt; die nächsten Körper sind die deutlichsten.

Die Fernsichtigkeit ist dagegen nicht ohne Grenzen und im Durchschnitt gewiß geringer, als namentlich bei den höheren Wirbelthieren. Wenn wir dieses behaupten, so stützen wir uns besonders auf die aus unserer Darstellung hervorgehenden Verschiedenheiten in der Lichtstärke der Bilder, die zwischen den Augen der Wirbelthiere und Arthropoden obwalten. Bei den ersteren dient ein verhältnißmäßig großer optischer Apparat für eine große Menge sensibler Punkte; die einander nicht störenden Lichtkegel für die Theile der Netzhaut haben sämmtlich die Pupille zur Basis, während bei den zusammengesetzten Augen die Lichtkegel, den Dimensionen der einzelnen kleinen Augen angemessen, nur einen sehr geringen Querschnitt haben, und aus sehr wenigen Strahlen bestehen.

Einer Veränderung im Innern des Auges zum Zwecke des deutlichen Nahesehens und Fernsehens bedarf es bei solcher Einrichtung natürlich nicht; ebenso wenig einer Verschiedenheit für das Sehen in der Luft oder im Wasser. Ueberall werden nur die senkrechten Strahlen wahrgenommen, und für diese ist es irrelevant, ob sie aus einem Medium mit geringerem oder größerem Brechungsexponenten kommen. Die Arthropoden des Wassers und des Landes haben einen wesentlich ganz gleichen Bau der Augen.

Wir haben oben gesehen, wie die Deutlichkeit eines Bildes bei den zusammengesetzten Augen von dem Bau derselben bedingt ist; wir sehen eine gleiche Abhängigkeit auch bei der Größe des Gesichtsfeldes. Natürlich sind es hier andere Momente, auf die es ankommt, es ist nicht die Zahl der Krystallkegel auf einem gegebenen Abschnitt, auch nicht die absolute Größe des Auges, sondern vielmehr die Convexität desselben. Einen je größeren Theil von einer Kugel das Auge ausmacht, desto ansehnlicher ist das Gesichtsfeld. Es ist kaum nöthig, dieses noch näher nachzuweisen. Ueber die peripherischen Radien des Auges kann die Grenze des Gesichtsfeldes sich nicht hinauserstrecken. Sie muß damit zusammenfallen. Im Allgemeinen ist das Gesichtsfeld der zusammengesetzten Augen sehr groß, so daß dadurch in dieser Hinsicht der Mangel einer eigenen Bewegung der Augen, wie wir sie bei den Wirbelthieren antreffen, genügend ersetzt wird. Dennoch aber finden sich in der Größe

---

die in ihren Bezirk fallenden Strahlen zu einem Totaleindrucke verschmilzt, so ist doch auch unser Sehen musivisch. Ja selbst objectiv ist das Bild, wenn Brücke's Ansicht über den Nutzen der stabförmigen Körper bei den tapetirten Augen richtig ist, eine (äußerst feine) Mosaik, wenigstens bei diesen Augen. B.

bei den einzelnen Thieren manchfache namhafte Verschiedenheiten, die zum großen Theil nachweislich durch die Lebensweise der betreffenden Geschöpfe ihre Erklärung finden. So besitzen u. a. die fleischfressenden Arten (z. B. Libellula) convexere Augen und ein größeres Gesichtsfeld, als die Pflanzenfresser, damit sie ihre Beute, die immer nur einzeln anzutreffen ist, desto besser erspähen können.

Niemals aber, auch nicht bei der größten Ausdehnung, deckt das Gesichtsfeld des einen Auges das des andern. Beständig sind beide getrennt, wie auch schon bei manchen Wirbelthieren. Selbst da, wo der erste Blick eine Ausnahme statuiren möchte, bei den Dipteren z. B., bei denen beide Augen dicht zusammentreten, findet sich niemals eine Convergenz der Sectoren.

Ein Doppeltsehen wäre im andern Fall unvermeidlich, da die Entwicklung von identischen Netzhautstellen, wie bei den Wirbelthieren, nur durch einen zweckmäßigen Bewegungsmechanismus möglich wird, hier also, bei der festen Einlagerung der Augen in den Körper, von vorn herein außer Spiel bleiben mußte. Daß auch bei den gestielten Augen der höheren Krebse keine identische Netzhautstellen vorkommen, geht schon daraus hervor, daß die Bewegungen derselben keine combinirten sind, sondern rechts und links vollkommen unabhängig stattfinden. Die Beziehungen des Augenstieles zur Außenwelt sind nur die Beziehungen eines tastenden Gliedes.

Wenn wir nun übrigens der Größe des Auges einen direkten Einfluß auf die Größe des Gesichtsfeldes absprechen, so müssen wir doch anerkennen, daß deren Form keineswegs eine gleichgültige ist. Ein rundes Auge bedingt ein rundes Gesichtsfeld; ein elliptisches oder nierenförmiges dagegen gleichfalls eine entsprechende Form des Gesichtsfeldes. Und solche abweichende Formen der Augen sind bei den Arthropoden (namentlich unter den Pflanzenfressern) fast eben so häufig, als einfache runde Augen. Es ist von Interesse, zu sehen, wie bei den zusammengesetzten Augen deutlicher, als sonst irgendwo, die Größe, Form und Lage des Gesichtsfeldes in den Sitten und namentlich in den Bewegungen des Thieres sich abbilden. Allerdings kann uns solches nicht überraschen; von vorn herein schon müssen wir die Harmonie zwischen Organisation und Lebensweise als ein nothwendiges Postulat unseres Verstandes voraussetzen, indessen eine speciellere Einsicht in solchen Zusammenhang wird uns keineswegs überall so leicht geboten. Betrachten wir die Libellen. Können wir hier nur einen Augenblick verkennen, wie die Freiheit, die Bestimmtheit der Bewegungen durch die Größe und den Umfang des Sehfeldes bedingt ist, besonders, wenn wir daneben berücksichtigen, wie die Trägheit und Unsicherheit des Fluges bei den sonst doch so nahe verwandten Orthopteren mit einem flachen Auge verbunden vorkommt? Die Mistkäfer, bei denen ein großer Abschnitt der Augen nach unten gerichtet ist, fliegen gewöhnlich nur in geringer, gleichbleibender Höhe über der Erde, während die Hymenopteren, die ein schmales nach oben gerichtetes Gesichtsfeld besitzen, in unruhigen Bewegungen vornehmlich auf- und niederfliegen. Bei den Mücken u. a., die offenbar wegen des Lagenverhältnisses von Schwerpunkt und Stützpunkt — man denke nur an die Insection der Flügel und die Länge des Abdomen — beständig tanzend auf- und absteigen, stehen die Augen weit auseinander; bei den Wasserwanzen, die beständig stoßend nach vorn sich bewegen, vorn am Kopfe. Ebenso würden unsere Krebse wohl schwerlich rückwärts kriechen, wenn die Bewegungen ihrer Augenstiele es nicht erlaubten, auch in dieser Richtung ein Gesichtsfeld zu gewinnen.

Von anderen anatomischen Anordnungen der Augen ist der physiologische Werth uns unbekannt. So wissen wir namentlich nicht, wie die bei manchen niederen Krebsen vorkommende, mehr oder minder vollständige Verschmelzung der beiden Augen zu einem mittleren unpaaren Cyklopenauge mit den Lebensverhältnissen derselben in eine Beziehung zu setzen sey.

Wir haben im Vorigen nur von den zusammengesetzten Augen der Arthropoden gesprochen. Indessen sind diese keineswegs die einzigen Gesichtsapparate, die hier vorkommen. Wir finden auch einfache Augen, die in verschiedener Anordnung theils neben den zusam-

mengesetzten entwickelt sind, theils auch unmittelbar die Stelle der letzteren vertreten. — Ueber den Bau dieser einfachen Augen wissen wir bis jetzt nur Weniges und nur bei wenigen Arten. Was wir aber darüber erfahren haben, zeigt eine so große Analogie mit dem Bau der Augen bei den Wirbelthieren, daß ein Rückschluß auf die Gleichheit der bei dem Sehen stattfindenden physikalischen Bedingungen gewiß vollkommen gerechtfertigt ist. In den einfachen Augen der Arthropoden lassen sich zwei hinter einander gelegene lichtbrechende Medien unterscheiden, eine vordere fast kugelige Linse und ein Glaskörper, der vielleicht gleichfalls eine biconcave Gestalt hat, jedenfalls aber auf der Vorderfläche weit weniger stark gekrümmt ist, als auf der hintern. Aeußerlich wird der Glaskörper von einer becherförmigen Retina umfaßt, die selbst wiederum von einer verschieden gefärbten, meist aber dunkeln Pigmentschichte, wie von einer Choroidea, umhüllt ist. Nach vorn reicht diese Pigmentschicht bis an die Linse. Hier bildet sie zwischen Linse und Glaskörper einen ringförmigen Gürtel, wie eine Iris. Während nun in solcher Weise die einfachen Augen der Arthropoden nach der Anordnung und Beschaffenheit ihrer optischen Elemente mit den Gesichtswerkzeugen der Wirbelthiere übereinstimmen, findet sich doch darin eine Verschiedenheit, daß sie, gleich den zusammengesetzten Augen, einer eigenen Hülle entbehren und unbeweglich in dem Körper eingebettet sind. Die Rolle der Cornea vertritt auch bei ihnen die äußere durchsichtige Körperhaut, welche dicht über die Vorderfläche der Linse sich hinwegschlägt und deren Wölbung wiederholt. Bei der starken Convexität der durchsichtigen Medien in diesen einfachen Augen muß die Brechung des Lichtes nothwendig sehr bedeutend seyn. Dieser Umstand, sowie die Kleinheit der Augen, lassen vermuthen, was auch die Beobachtung zu beweisen scheint, daß dieselben für genaues Sehen in die Ferne nicht brauchbar sind. Die einfachen Augen der Arthropoden sind myopisch, wenn gleich immerhin vielleicht in einem verschiedenen Grade, bald mehr, bald minder, je nach der Verschiedenheit in der Form der Cornea und der brechenden Medien.

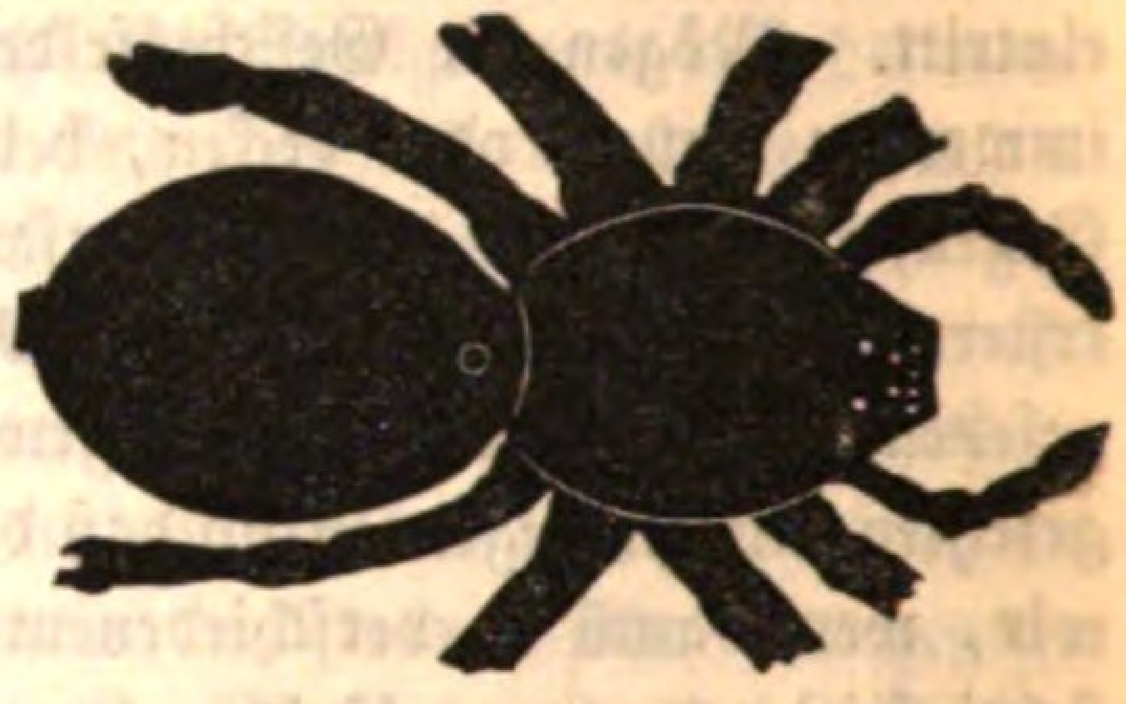
Die einfachen Augen der Arthropoden verhalten sich also zu den zusammengesetzten etwa in ähnlicher Weise, wie die Palpen zu den Antennen. Die letzteren sind mehr für die Ferne geschickt, die anderen für die Nähe. Für die Verbreitung und das Vorkommen dieser beiden Arten von Gesichtswerkzeugen ist solches Verhältniß von Wichtigkeit; wir werden es darnach leicht erklärlich finden, warum die beflügelten Insekten und die schnell schwimmenden Krebse mit zusammengesetzten Augen ausgerüstet sind, während die Spinnen und Tausendfüßler, die Kellerassel, Läuse u. s. w., die eine nur träge und doch nur wenig ausgebreitete Locomotion haben, sich mit bloßen einfachen Augen begnügen konnten. Eine Coexistenz von bloßen einfachen Augen und Flügeln ist nur sehr selten (z. B. bei den männlichen Strepsipteren) und mag da wohl in der Art der Flugbewegung ihre Rechtfertigung finden, während es sonst gar sehr häufig ist, daß bei dem Verlust der Flügel oder der Schwimmwerkzeuge auch die zusammengesetzten Augen durch einfache vertreten werden. So besitzen z. B. unter den Hexapoden die sog. Aptera bloße einfache Augen, eben so unter den Amphipoden die schmarotzenden Bopyriden. Die Allgemeinheit dieses Gesetzes ist selbst so groß, daß die Larven der Hexapoden mit vollkommener Metamorphose, die nur langsam sich bewegen und meist auf einer beschränkten Stelle verharren, anstatt der späteren zusammengesetzten Gesichtswerkzeuge gleichfalls einfache Augen besitzen.

Weit schwieriger ist es, eine Einsicht in die Bedingungen zu erlangen, unter welchen wir eine gleichzeitige Anwesenheit von zusammengesetzten und einfachen Augen vorfinden, wie namentlich bei den Hymenopteren, Dipteren und Orthopteren. Wir wissen kaum einmal, wie sich bei solcher Anordnung diese beiderlei Augen zu einander verhalten. In den einen werden die Objekte umgekehrt, in den andern bleiben sie aufrecht. Es ist schon schwer zu begreifen, wie sich die Bewegungen dem jedesmaligen Sehen durch diese oder jene Augen passend anschließen, aber ganz unmöglich scheint es, den Widerspruch zu lösen, in welchen bei einem gleichzeitigen Sehen durch beiderlei Organe die Sinneswahrnehmungen gerathen

würden. Es ist indessen wahrscheinlich, daß ein solches widersprechendes Verhältniß niemals eintritt. Mögen die Gesichtsfelder der zusammengesetzten und einfachen Augen sich auch immerhin kreuzen oder decken, bei der Kurzsichtigkeit der letzteren werden die entfernteren Gegenstände, die in dem gemeinsamen Raume des Gesichtsfeldes liegen, doch nur von den ersteren wahrgenommen werden. Nur die nächsten Objekte werden von den einfachen Augen gesehen werden, und dann auch gewiß nur solche, die nicht in dem Gesichtsfeld der zusammengesetzten Augen liegen. Und daß dem wirklich so sey, dafür bürgt uns die Divergenz, die wir, wenn auch in verschiedenem Grade (vielleicht entsprechend einer verschiedenen Kurzsichtigkeit), doch gewiß überall zwischen den Achsen der einfachen und zusammengesetzten Augen wahrnehmen. Wo beiderlei Augen neben einander vorkommen (was übrigens fast nur in der Abtheilung der Hexapoden stattfindet) da liegen die einfachen (Fig. 311) beständig zwischen den beiden seitlichen Augen auf dem Scheitel oder der Stirne und gewöhnlich in dreifacher Anzahl. Wo dagegen die einfachen Augen den einzigen Sehapparat bilden, da liegen sie (mit Ausnahme der Arachniden) gewöhnlich in größerer Anzahl (bis zu 50 oder 60, meist aber in geringerer Menge) gruppenweise an den Seiten des Kopfes, wo sonst die zusammengesetzten Augen befindlich sind. Wie die einzelnen Glaskegel bei den letzteren, so sind dann auch hier die einzelnen zusammengehäuften Augen von einer gemeinsamen Pigmentmasse umhüllt. Auf den ersten Blick hat ein solcher Haufen von einfachen Augen eine große Aehnlichkeit mit einem musivisch zusammengesetzten Auge, doch fehlt ihm beständig ein facettirter Ueberzug, weil die einzelnen Augen sich niemals so eng auf einander drängen und die äußeren Bedeckungen derselben sich niemals unmittelbar berühren. Es ist offenbar, wie durch diese größere Anzahl der Augen der aus der festen Einlagerung in den Körper hervorgehenden Beschränkung des Gesichtsfeldes zum Theil abgeholfen ist. Mehrzahl der Augen und Unbeweglichkeit derselben stehen in einem physiologischen Zusammenhang. Die praktische Anwendung einer solchen Substitution findet indessen in der Beschaffenheit der Augen selbst eine Beschränkung. Nur bei sehr kurzsichtigen Augen, wie es die einfachen Gesichtswerkzeuge der meisten Arthropoden sind, läßt sie sich in vollem Maaße anwenden. Soll eine Confusion der einzelnen Gesichtseindrücke vermieden werden, dann dürfen die Gesichtsfelder der einzelnen Augen erst jenseits der Grenze des deutlichen Sehens sich decken. Am leichtesten läßt sich solches bei den rechten und linken Augen realisiren, namentlich wenn dieselben durch eine größere Entfernung von einander geschieden sind und nicht in derselben Ebene liegen. Dasselbe muß auch bei den einzelnen Augen jeder Seite vorkommen. Wir müssen solches aus physiologischen Gründen als nothwendig verlangen, da auch hier, bei der Unbeweglichkeit der Gesichtsorgane, das Prinzip der Entwicklung identischer Netzhautstellen unmöglich in Anwendung gezogen seyn kann. Einer spätern Untersuchung bleibt übrigens der Nachweis vorbehalten, in wiefern hier etwa durch eine Divergenz der Augenachsen die Isolation der einzelnen auf den verschiedenen Netzhäuten entworfenen Bilder auch bei minder kurzsichtigen Augen gesichert ist. Jedenfalls aber läßt sich schon von vorn herein abnehmen, daß dieselbe um so leichter statthaben werde, je geringer die Anzahl der vorhandenen einfachen Augen ist. Und daß diese bis auf wenige abnehmen könne, davon haben wir viele Beispiele. So haben z. B. die Läuse u. s. w. nur ein einziges Augenpaar. Ja es gibt unter den niederen Krebsen eine Anzahl von Formen, bei denen wir oft ein einziges unpaares Cyklopenauge antreffen. Am beträchtlichsten ist die Divergenz der Augenachsen bei den Arachniden, vielleicht deßhalb, weil bei diesen Thieren die doch sonst überall, wenn auch in verschiedenem Grade, vorhandene Beweglichkeit der Augen durch die Drehung des Kopfes mit der Abwesenheit des letztern verloren gegangen ist und auch die Zahl der Gliedmaaßen keine Anordnung wie bei den Podophthalmen gestattete. Hier sind die Gesichtswerkzeuge fast immer auf einem Bogen der äußeren Bedeckungen am Rande des Cephalothorax angebracht. Allerdings sehen wir auch bisweilen, wie die Augen sich seitlich in einen Haufen zusammengruppiren, doch auch dann ist gewöhnlich die Divergenz der einzelnen Achsen noch sehr deut-

lich. Die Zahl der Augen bei den Arachniden bleibt beständig gering. Wir treffen nur wenige Arten, bei denen mehr als acht Augen im Ganzen vorhanden sind, während es umgekehrt und namentlich bei den Milben, die vorzugsweise eine laterale Gruppirung darbieten, nicht selten ist, daß nur vier und selbst nur zwei Augen vorkommen.

Fig. 312.



Augen der Spinnen.

Die mittleren Augen der Arachniden sind gewöhnlich durch einen größern Umfang, wie auch durch eine deutliche Richtung nach außen und vorn, wie durch eine beträchtlichere Divergenz vor den seitlichen ausgezeichnet, was uns zu der Annahme berechtigt, daß diese Augen nicht bloß ein ansehnlicheres Gesichtsfeld besitzen, sondern auch weiter in die Ferne reichen. Deßhalb ist es denn auch erklärlich, wenn wir namentlich bei denjenigen Spinnen solche größere Augen in der Mitte des Cephalothorax antreffen, die durch ihre Lebensweise auf eine schnelle, bestimmte und umfangreiche Bewegung angewiesen sind. Die kleineren Randaugen sind mehr für das Sehen und Aufsuchen von näheren Objekten bestimmt.

Auch sonst läßt sich in der Richtung und Stellung der Augen bei den einzelnen Arachniden, die weit mehr wechselnde Verhältnisse darbieten, als irgendwo anders, — was in der Abwesenheit eines besondern beweglichen Kopfes wohl seine Begründung finden mag — ein Zusammenhang mit den Sitten dieser Thiere nicht verkennen. So sind z. B. bei denjenigen Spinnen, die an versteckten Orten ihre Beute erspähen, um sie dann plötzlich zu überfallen (Mygale), die Augen in der Mitte des Cephalothorax zusammengehäuft, während sie umgekehrt bei den Jagdspinnen weit auseinander stehen u. s. w.

Nachdem wir nun im Voranstehenden über den Bau und die Anordnung der Augen bei den Arthropoden ein Weiteres bemerkt haben, dürfen wir nicht unbeachtet lassen, daß gar viele dieser Thiere der Gesichtswerkzeuge vollkommen entbehren. So namentlich eine große Anzahl von schmarotzenden Milben und Krebsen, bei denen wegen ihres stationären Aufenthaltes an derselben Stelle oder ihres doch nur sehr beschränkten Bewegungsvermögens gar leicht und ohne weitere Beeinträchtigung die Gesichtsempfindung ausfallen konnte; so auch, aus demselben Grunde, die festsitzenden Cirripedien oder einzelne beständig im Finstern (unter Steinen, Rinde u. dgl., in unterirdischen Höhlen) lebende Arten, wie unter den Hexapoden die Gen. Claviger, Ptilium, Anophthalmus, unter den Spinnen das Gen. Anthrobia, Phalangodes. Was wir hier von Neuem sehen, die Uebereinstimmung in der Entwicklung der Augen und der Lebensweise, geht so weit, daß bei demselben Geschöpf während der verschiedenen Lebenszustände sich oftmals in dieser Hinsicht eine Verschiedenheit bemerklich macht. So sind die schmarotzenden Entomostraken, die Cirripedien u. s. w. in der ersten Jugend, wo sie frei beweglich umherschwimmen, mit Gesichtswerkzeugen versehen, welche später verloren gehen; während umgekehrt die Larven der Mistkäfer, Fliegen, Bienen u. s. w., die durch die ganze Zeit ihres ersten Lebens fast an derselben Stelle sich aufhalten und hier in hinreichender Menge ihre Nahrung vorfinden, nicht bloß meistens der Beine, sondern auch der Augen entbehren.

Dasselbe Gesetz der prästabilirten Harmonie zwischen der Entwicklung der Gesichtswerkzeuge auf der einen Seite und der Locomotion oder Lebensweise auf der andern Seite tritt uns eben so deutlich in den übrigen Abtheilungen des Thierreiches entgegen. Betrachten wir die Würmer in ihren manchfach wechselnden Lebensformen, legen wir an sie den eben bezeichneten Maaßstab, und wir werden es ganz erklärlich finden, wenn nicht bloß die ganze Menge der im Innern anderer Geschöpfe lebenden Helminthen ohne Gesichtsempfindungen und ohne Apparate dafür ist, wenn wir denselben Mangel auch da wahrnehmen, wo Organisation und Lebensweise einen beständigen Aufenthalt in der Erde (wie bei unserm Regenwurm), im Schlamm oder Meeressande, oder auch in eigenen festsitzenden Röhrchen (wie

bei den sogenannten Kopfkiemern und Bryozoen) nothwendig machen. Nur eine freie, ungehinderte und umfangreiche Bewegung verlangt die Anwesenheit von Gesichtsapparaten, nur eine solche gestattet eine gehörige Verwerthung und Anwendung derjenigen Beziehungen, die durch die Entwicklung der Augen zwischen Individuum und Außenwelt möglich werden. Mit solcher Bewegung verbindet sich denn auch bei den Würmern beständig die Anwesenheit von optischen Apparaten. Wir finden dieselben deßhalb z. B. sehr allgemein bei den sogenannten Rückenkiemern, die unter wechselnden Verhältnissen frei im Wasser leben; wir finden sie selbst unter gleichen Bedingungen bei den Larven der Kopfkiemer und mancher Eingeweidewürmer, die erst späterhin auf einen beschränkteren Raum festgebannt werden. Nicht alle beweglichen Würmer aber zeigen diese bestimmte Art der Bewegung. In manchen Fällen ist dieselbe mehr tastend und suchend, als entschieden und sicher, im anderen erscheint sie unbestimmt und ohne festes Ziel, mehr das Produkt eines physiologischen Mechanismus, als eines individuellen Willensaktes. Es ist überhaupt bei den Würmern die Präcision und Schnelligkeit, die Breite und der Umfang der Bewegungen, die wir bei den Arthropoden vorfinden, die hier auch mit der verhältnißmäßig so hohen physischen Entwicklung parallel geht, verloren gegangen. Darin mag es denn auch begründet seyn, daß wir in der Abtheilung dieser Thiere nicht bloß eine weit größere Menge blinder Arten antreffen, daß hier auch die Entwicklung der Gesichtswerkzeuge sehr häufig weit weniger vollkommen ist. Es mag eine große Menge von Würmern geben, deren Augen bloß zu einer sehr unklaren Perception des Lichtes geschickt sind.

Die vollkommensten Gesichtswerkzeuge der Würmer sind einfache Augen mit collectiven Medien, die in ihrem Bau sich unmittelbar an die einfachen Augen der Arthropoden anschließen. Gleich diesen sind sie fest und unbeweglich und ohne eine besondere Umhüllung unter der durchsichtigen Körperhaut gelegen, die an diesen Stellen mehr oder minder stark convex sind. Die brechenden Medien bestehen aus einer sphärischen Linse, die in einen größern oder kleinern Glaskörper eingesenkt ist, doch scheint der letztere schon bei den höheren Würmern häufig zu fehlen. Die Choroidea, ein dunkles, körniges Pigment, läßt eine vordere pupillenartige Oeffnung zum Durchtritt der Lichtstrahlen.

Es ist sehr wahrscheinlich und in Uebereinstimmung mit der Bewegungsweise, daß solche Augen, wenn auch in verschiedenem Grade, kurzsichtig sind und nur in größter Nähe ein deutliches Sehen vermitteln können. Für manche Augen und namentlich für solche, in denen bloß eine einfache sphärische Linse enthalten ist, möchte es selbst dann kaum zur Produktion eines wirklichen Bildes kommen. Wir müßten sonst annehmen, es sey hier der Brechungsexponent der Linse so bedeutend, daß die einfache Brechung in der vorderen Fläche schon hinreiche, die Strahlen auf der dicht hinter der Linse gelegenen Netzhaut zu vereinigen. Noch weniger ist an ein wirkliches deutliches Sehen, an ein Unterscheiden von Formen da zu denken, wo das Pigment, ohne eine Pupille zu bilden, das ganze Auge einhüllt, wie es nicht bloß bei den niederen Würmern (einzelnen Rotatorien und Turbellarien), sondern auch schon bei den Blutegeln und sogar bei vielen Kiemenwürmern der Fall ist. Hier können wir dem Glaskörper oder der Linse, die dann wohl beständig in einfacher Zahl vorhanden ist, kaum noch die volle optische Bedeutung eines brechenden Mediums beilegen. Sie können höchstens noch zur Leitung der durch das Pigment hindurchgedrungenen Lichtstrahlen in einer bestimmten Richtung dienen. Nur Hell und Dunkel, nur Tag und Nacht mag dann noch unterschieden werden. Aus solchen Augen kann dann auch wohl der Glaskörper vollkommen ausfallen. Es bleibt dann bloß noch ein specifischer Gesichtsnerv, dessen Endigung von einem dunklern Pigmente überzogen ist. In dieser Form als sogenannte Augenflecke erscheinen die Sehwerkzeuge wahrscheinlich bei vielen niederen Würmern, Turbellarien, Rotatorien und Helminthenlarven. Allerdings ist die Beziehung derartiger Pigmentflecke zum Gesichtssinn noch nicht überall außer Zweifel, zumal sich die daran tretenden Nerven durch ihre zarte Beschaffenheit gewöhnlich der Beobachtung entziehen; allein auch bei deutlicher Anwesenheit der brechenden

Medien ist bisweilen die Netzhaut und der Gesichtsnerv nicht zu erkennen, obgleich wir die wirkliche Existenz derselben unmöglich in Abrede stellen können. Ueberdieß stimmen die Augenflecke durch Lage und Anordnung in den meisten Fällen so vollkommen mit den Gesichtswerkzeugen der verwandten Würmer überein, daß wir den Rückschluß auf eine entsprechende Bedeutung für erlaubt halten, um so mehr, als ja die Möglichkeit der Gesichtsempfindung durch solchen Apparat sich nicht leugnen läßt. Die Lage der Gesichtsorgane bei den Würmern ist ganz constant auf der Rückenfläche des vordern Leibesendes, bei den mit einem besondern Kopfanhang versehenen Arten auf dem Scheitel. Meistens in mehrfacher, doch nicht eben sehr großer Anzahl stehen sie hier bald in einer bogenförmigen Reihe (wie z. B. bei den Blutegeln), bald rechts und links getrennt, bald auch paarweise neben der Mittellinie oder selbst in ihr zu einem Cyklopenauge verschmolzen. Nur einzelne sehr wenige Würmer machen von diesem Gesetz der Lagerung eine Ausnahme. So das Gen. Fabricia (Amphicora Ehrbg.), das am vordern und hintern Leibesende ein Augenpaar besitzt und sich denn auch deßhalb in gleicher Weise nach vorn und hinten bewegen kann, so auch das Gen. Polyophthalmus, wo außer dem Kopfe auch noch ein jedes einzelne Körperglied rechts und links einen Augenfleck oder nach neueren Beobachtungen von de Quatrefages sogar wirkliche (mit brechenden Mitteln versehene) Augen, trägt. Bei den höheren Würmern ist die Zahl der Augen gering, 2 oder 4, was außer dem schon oben Angeführten gleichfalls für eine größere Specification und Deutlichkeit der Sinneseindrücke zu sprechen scheint. Auch läßt sich bei ihnen leichter als sonst irgendwo bei den Würmern eine Verschiedenheit in der Richtung der Augenachsen nachweisen, die ja, wenn bei Unbeweglichkeit der Augen ein mehrfaches Sehen verhindert werden soll, mit der größern Schärfe und Weitsichtigkeit in geradem Verhältniß wachsen muß. Eine beträchtlichere Anzahl von Augen ist übrigens eben so wenig eine große Seltenheit bei den Würmern. Wir kennen zahlreiche Arten mit 8, 12 und noch mehr Augen. Niemals aber wächst die Zahl so beträchtlich, als bei den Arthropoden.

Gehen wir jetzt zu der Betrachtung der Augen und des Gesichtes bei den Mollusken über. Hier treffen wir zunächst bei den Cephalopoden auf einen Bau und eine Entwickelung der Gesichtswerkzeuge, wie wir sie sonst bloß bei den Wirbelthieren zu finden gewohnt sind. Offenbar geht dieses auch mit einer entsprechenden Ausbildung des Gesichtssinnes parallel. Die Cephalopoden sind vielleicht die einzigen wirbellosen Thiere, denen es durch die Einrichtung ihrer Augen (die Möglichkeit einer Accommodation) erlaubt ist, gleich gut und scharf nähere und entferntere Gegenstände zu unterscheiden und zu erkennen. Die Cephalopoden besitzen zwei Augen, die durch eine mächtige Größe sich auszeichnen und einander gegenüberstehend die Seitentheile des Kopfes (Fig. 274) einnehmen. Die Gesichtsfelder beider Augen sind, wie bei den meisten Knochenfischen, vollständig von einander geschieden, obgleich, wenn irgendwo unter den wirbellosen Thieren, bei ihnen durch die Organisation alle die Bedingungen für die Entwicklung identischer Netzhautstellen gegeben wären. An den Augen der Cephalopoden unterscheiden wir zunächst einen rundlichen Augapfel, der von einer festen, gewöhnlich selbst knorplichen Sklerotika gebildet wird und nur dadurch von dem Augapfel der Wirbelthiere sich unterscheidet, daß er des vordern Segmentes, der Cornea, vollständig entbehrt. Der Augapfel der Cephalopoden besitzt eine vordere runde Oeffnung, deren Ränder die kugelrunde Linse zwischen sich nehmen und in eine contractile Iris mit runder oder ovaler Pupille sich fortsetzen. Die runde Form der Linse erklärt sich aus denselben Verhältnissen, wie die gleiche Form bei den Fischen. Ueberhaupt schließen sich die Cephalopoden, was auch schon aus den Bedingungen, unter denen das Sehen bei ihnen zu Stande kommt, als nothwendig sich ergibt, durch die Organisation des Auges am meisten an diese Wirbelthiere an. Ein wesentlicher Unterschied in dem Bau der Linse findet sich aber darin, daß dieselbe aus zwei hinter einander gelegenen Segmenten zusammengesetzt wird, einem vordern, kleinern, und einem hintern, größern, die beide mit ihren ebenen Flächen dicht auf einander liegen. Hinter der Linse folgt ein ansehnlicher, wässriger Glaskörper, der von einer besondern zarten Hyaloidea umgeben wird und in die becherförmige Netzhaut eingesenkt ist.

Die Choroidea ist durch ihre hellere röthliche Farbe ausgezeichnet. Nur die hintere Fläche der Iris, die sogenannte uvea und der Ciliarkörper, der auch hier vorhanden ist, um mit seinem innern Rande die Linse theils ringförmig zu umfassen, theils auch zwischen die beiden Segmente hineinzugreifen, sind dunkler pigmentirt. Durch die Entwicklung des Ciliarkörpers ist dem Auge der Cephalopoden die Möglichkeit gegeben, sich den verschiedensten Entfernungen anzupassen. Die Befestigung der Linse ist sicherlich nicht der einzige Zweck dieses Apparats: es ist vielmehr sehr leicht ersichtlich, wie die verschiedene Anspannung desselben auch auf die Lage und die Entfernung der Linse von der Netzhaut einen Einfluß äußern müsse, nach dem die jedesmalige Länge der Sehweite sich richten wird. Der Augapfel der Cephalopoden ist beständig in einer besondern sehr weiten Augenhöhle enthalten, in die er frei hineinragt, nur an seiner hintern Fläche durch einige platte Muskeln, die den bulbusartig verdickten Sehnerven scheidenförmig umfassen und nach ihrem Verlauf als gerade und schiefe Augenmuskeln sich bezeichnen lassen, befestigt. Die vordere Oeffnung der Augenhöhle ist von einer durchsichtigen Fortsetzung der äußeren Bedeckungen, die man gewöhnlich, wenngleich nicht ganz passend, als Cornea bezeichnet, verschlossen. Da nun aber zugleich, wie erwähnt ist, die Augenhöhle von dem Augapfel nicht vollständig ausgefüllt wird, so bleibt im vordern Umkreis des letztern noch ein besonderer Raum, der eine wässrige Feuchtigkeit enthält, und als vordere Augenkammer gedeutet wird. Wie unpassend aber eine solche Deutung ist, wird aus dem Angegebenen deutlich hervorgehen. Der vordere vor der Linse gelegene Raum des Cephalopodenauges ist nichts Anderes als ein Abschnitt der Augenhöhle. Ja, noch mehr, die wässrige darin eingeschlossene Feuchtigkeit, ist nichts Anderes, als Seewasser, das durch eine beständig anwesende kleinere oder größere, versteckte oder deutliche Oeffnung der sogenannten Cornea einfließt. In einigen Cephalopoden ist diese Oeffnung so groß, daß die Linse daraus nach außen frei hervorragt und in unmittelbare Berührung mit dem äußern Wasser kommt. Schon aus dieser anatomischen Thatsache kann man abnehmen, daß die Bedeutung der äußern Augenhaut und des Wassers in der sog. vordern Augenkammer eine sehr untergeordnete ist und höchstens die Bedeutung eines Schutzapparates hat. Für die optischen Erscheinungen haben die genannten Theile noch weniger Bedeutung, als die Cornea und der Humor aqueus bei den Fischen. Die Brechung der Lichtstrahlen geschieht fast allein durch die convexen Flächen der Linse. Und daß dieselbe darin auf zweckmäßige Weise erfolgt, dafür birgt uns die physiologische Nothwendigkeit. Leider sind übrigens unsere Kenntnisse in dieser Hinsicht nur sehr unvollkommen, was wir um so mehr bedauern müssen, als uns dadurch auch die Einsicht in die eigentliche Bedeutung der obenerwähnten merkwürdigen Anordnung der Linse vorenthalten wird. Eben so gering sind unsere Kenntnisse von der Wirkungsweise der Augenmuskeln. Nur im Allgemeinen können wir aus der Anordnung derselben entnehmen — was auch sonst mit dem Bau des Auges übereinstimmt —, daß die durch die Action derselben vermittelten Bewegungen wenig manchfaltig sind. Im Umkreis des äußern Auges bei den Cephalopoden erhebt sich noch eine ringförmige oder halbmondförmige Falte, ein Augenlid, das eine mehr oder minder vollständige Decke bildet.

Die Gasteropoden theilen mit den Cephalopoden die Zweizahl der Augen und die Anwesenheit einer besondern äußern Kapsel, einer Sklerotika, die jedoch vollständig geschlossen ist und ein vorderes durchsichtiges Segment, eine Cornea, besitzt. Sonst aber schließen sie sich durch den Bau derselben im Allgemeinen so eng an die höheren Würmer an, daß wir kaum nöthig haben, nochmals specieller darauf einzugehen. Was wir bei diesen aus der Organisation der Augen folgerten, daß dieselben kurzsichtig sehen, gilt sicherlich, wenn auch gewiß nicht überall in gleichem Maaße, für die Gasteropoden und stimmt mit der trägen Locomotion dieser Thiere vollkommen überein. Auch kann man bei unseren gewöhnlichen Gartenschnecken z. B. sehr leicht sich von der Existenz und dem hohen Grade dieser Kurzsichtigkeit überzeugen. In anderen Arten (namentlich unter den Kammkiemern) spricht allerdings die stärkere und selbstständigere Entwickelung einer Iris, die dann oft bunt gefärbt ist und vielleicht selbst die

Fähigkeit zu Bewegungen besitzt, für ein schärferes Gesicht; jedoch sind solche Fälle nur selten. Umgekehrt gibt es aber auch manche Gasteropoden (und zu diesen gehören namentlich die sog. Nacktkiemer), bei denen sich die gesammten Gesichtswahrnehmungen auf eine Unterscheidung von Hell und Dunkel reduciren. Dann sind die Augen unter den Muskelhüllen des Körpers dicht auf dem Oberschlundganglion gelegen, ohne Pupille und mit einem einfachen Glaskörper im Innern versehen. Sonst aber ragen die Gesichtswerkzeuge beständig nach außen hervor, obgleich sie überall von einer dünnen durchsichtigen Conjunctiva überzogen sind. Sie liegen an den Seiten des Kopfes äußerlich von den Tentakeln, bald an der Basis derselben, bald aber auch in größerer Höhe eingebettet und dann gewöhnlich von einer kleinern oder größern Hervorragung getragen. Nur selten ist es, daß diese augenstielartigen Hervorragungen sich von den Tentakeln losgelöst haben und als selbstständige Anhänge hinter denselben stehen, wie bei unseren Gartenschnecken. An sich sind die Gesichtswerkzeuge ganz bewegungslos. Nur durch die muskulöse Beschaffenheit der Augenstiele werden sie in den Stand gesetzt, ihre Lage zu den äußeren Gegenständen zu verändern. Doch diese Bewegungen sind, wie bei den Crustaceen, jederseits vollkommen unabhängig von einander und ohne gegenseitige Beziehungen, woraus wir gewiß auf eine Heteronomität der Gesichtsfelder rückschließen dürfen. Bei der Kurzsichtigkeit wird solches keine Störung der Gesichtseindrücke hervorbringen, um so weniger, als gewöhnlich (und so namentlich bei den vielleicht weitsichtigeren Arten) die Augenachsen rechts und links divergiren und die Gesichtsfelder sogar meistens durch die nach innen liegenden Tentakeln von einander getrennt sind. Wir kennen übrigens auch eine Anzahl augenloser Gasteropoden. Zu diesen gehören außer Chiton und Dentalium, die fast beständig an demselben Orte verharren, auch wahrscheinlich noch die meisten festsitzenden Formen und auffallender Weise selbst die größte Anzahl der sog. Pteropoden, obgleich diese letzteren sich vor den übrigen Gasteropoden durch ihre locomotorischen Fähigkeiten auszeichnen. — Weit größer ist die Zahl der augenlosen Mollusken in der Klasse der Acephalen, bei denen schon die beschränkte, in vielen Fällen sogar ganz aufgehobene Locomotion auf solches Verhältniß zurückschließen ließ.

Fig. 313.



Kopf mit Augen bei Helix.

Wo hier Augen vorhanden sind, da zeigen dieselben bald einen eben so vollkommnen Bau, als in den meisten Gasteropoden, bald auch, wie es scheint, einen weit weniger vollkommnen. Das erstere findet sich namentlich bei den freier beweglichen Pectineen (S. 381), das andere bei der größern Anzahl der augentragenden Acephalen, bei Arca, Venus, Pholas, selbst Ostrea u. s. w.

Lage und Anzahl der Augen ist übrigens sehr verschieden von den Gasteropoden, was ebensowohl in der Abwesenheit eines eigentlichen Kopfes, als auch in der abweichenden Art der Nahrungsaufnahme seine Erklärung finden mag. In sehr beträchtlicher Menge (oft bis über 100) stehen sie einzeln am Mantelrande, bald im ganzen Umfang des Mantels, bald mehr am hintern Ende oder im Umkreis der Kiemen- und Kloaköffnung des Mantels. Die Nervi optici entspringen aus dem starken Randnerv des Mantels. In manchen Fällen zeigen diese Augen einen sehr lebhaft schillernden Glanz, der von einer besondern silberglänzenden Haut im Innern des Auges, von einer Art Tapetum, herrührt. Statt ausgebildeter Augen zeigen andere Acephalen bloße Augenflecke, die vielleicht ausschließlich von einem Pigmentflecke gebildet sind. Daß durch diese wohl noch eine Wahrnehmung von Hell und Dunkel vermittelt werden könne, dürfen wir nicht leugnen, doch fehlt es uns leider an hinreichenden Merkmalen, solche Augenflecke von bloß zufälligen Pigmentanhäufungen genügend zu unterscheiden. Höchstens können wir — wenn uns der Nachweis eines eigenen N. opticus nicht gelingt — nach der Regelmäßigkeit und der Analogie in der Lagerung einen Pigmentfleck für ein Gesichtswerkzeug erklären; doch immer wird eine solche Deutung zweifelhaft bleiben müssen.

Nur mit Vorsicht dürfen wir daher den Pigmentflecken am Mantelrande vieler Acephalen eine optische Bedeutung beilegen. Ebenso wenig wissen wir etwas Sicheres über die Gesichtswerkzeuge der Echinodermen, Acalephen, Polypen und Protozoen. Die meisten dieser Thiere sind gewiß ohne alle Spur derartiger Organe. Einige Echinodermen scheinen dieselben allerdings zu besitzen. Hier finden wir wenigstens bei den Asteriden und Seeigeln sehr regelmäßige Pigmentflecke, die bei den ersteren auf den Enden der Strahlen, bei den anderen im Umkreis des Afters gelegen sind und um so eher als Gesichtswerkzeuge angesehen werden können, als man einen Nervenzweig bis zu ihnen verfolgt haben will. Nach der Lebensweise, der Trägheit der Locomotion u. s. w. würden wir übrigens bei den genannten Thieren ebensowohl die Abwesenheit der Gesichtswerkzeuge uns erklären können, als bei den Holothurien oder Polypen. Weit auffallender muß es uns seyn, daß wir auch bei den meisten frei beweglichen Seequallen Gebilde vermissen, die man als Gesichtswerkzeuge deuten könnte. Vielleicht indessen, daß bei diesen Thieren der Gehörssinn (dessen Organe man lange Zeit fälschlich für Augen erklärt hatte) den mangelnden Gesichtssinn vertritt. Auch die Anordnung der Fangapparate mag hier nicht ohne Bedeutung seyn. Indem dieselben weniger zum Greifen dienen, als vielmehr bloß zum Festhalten alles dessen, was der Zufall in ihr Bereich führt, können sie in hohem Grade der Controle der Gesichtsorgane entbehren.

Fig. 314.



Augenflecke des Seesterns, Echinaster sanguinolentes.

Was wir eben angedeutet haben, mag uns überhaupt noch Manches in dem Vorkommen und der Entwicklung der Gesichtsorgane, auf das wir hier nicht näher eingehen konnten, erklären. Es mag uns von Neuem auf die Manchfaltigkeit der Mittel aufmerksam machen, die der Natur bei der Ausrüstung der einzelnen Geschöpfe zu demselben bestimmten Zwecke zu Gebote standen, von Neuem uns zeigen, wie oftmals die scheinbar verschiedensten Apparate und Lebensäußerungen zu einander in feinster und innigster Beziehung stehen. Noch das will ich hier übrigens erwähnen, daß man bei den niedersten Geschöpfen nicht selten aus einer Reaction gegen das Licht auf das Vorhandenseyn von Gesichtswerkzeugen geschlossen hat. Doch wie leichtfertig, läßt sich beurtheilen, sobald wir nur daran denken, daß statt des Lichtes wohl die Wärme oder andere begleitende Umstände auf die Thiere einwirken, dieselben zu einer bestimmten Lebensäußerung veranlassen können. Gleiche Reactionen sehen wir häufig bei Pflanzen, wir bemerken, wie sich diese dem Lichte zuwenden, wie sie sich sogar demselben zubewegen; wollen wir auch ihnen eine specifische Lichtempfindung vindiciren?

III. Das Nervensystem und seine Thätigkeit.

Von zwei verschiedenen Seiten her haben wir schon in den vorigen Kapiteln das Gebiet des Nervensystems betreten: die Anregung der contractilen Gewebe zur Verrichtung ihres Dienstes im Körper erfolgt (mit Ausnahme der niedrigsten Thiere, die eines gesonderten Nervensystemes überhaupt entbehren) nur durch Nervenfasern, und die Sinnesorgane dienen uns nur dadurch zur Erlangung von Vorstellungen, daß sie mit Nerven versehen sind, welche den Reiz empfangen und, dadurch erregt, ihre Erregung zu dem Sitze des Bewußtseyns bringen. Es ist hierin eine zweifache Funktion der Nerven ausgedrückt, und es ist bei dem jetzigen Zustande der Wissenschaft annehmbar, *) daß in der That alle Funktion von Nervenfasern in den zwei Formen sich erschöpft: entweder dient sie dazu, contractile Gewebe zur Thätigkeit zu erregen (motorische Nervenfaser), und wird durch gewisse andere Theile des

*) Das Obige möchte jedoch eine Einschränkung erleiden durch Ludwig's Entdeckung (siehe oben S. 193 Anm.).

Nervensystems, die Centralorgane, dazu bestimmt, oder sie leitet eine empfangene Erregung auf diese Centraltheile hin (sensible Faser) und bewirkt dadurch eine Vorstellung, wenn das Centralorgan dazu geeignet ist. Die Centralorgane sind aber manchfach gegliedert, und es läßt sich namentlich als Sitz des Bewußtseyns ein bekannter Theil derselben bei den höheren Thieren bezeichnen und nur die Erregung dieses Theiles kann Vorstellungen zur Folge haben. Finden Einwirkungen auf andere Abtheilungen der Centraltheile Statt, so fallen sie nicht direkt in das Bewußtsein; wir werden sie nur auf einem Umwege gewahr: indem nämlich auch von diesen Centraltheilen Bewegungsnerven ausgehen, überträgt sich die Erregung auf diese, es erfolgt Bewegung, welche man reflektirte nennt.

Ungemein häufig aber geschieht es im normalen Zusammenhange der Dinge, daß die Erregung sensibler Fasern sowohl auf den Sitz des Bewußtseyns übertragen wird, Vorstellungen hervorruft, als sie auch zugleich in anderen Abtheilungen der Nervencentra reflektirte Bewegungen auslöst; eine Berührung unsres Augapfels wird empfunden und bewirkt gleichzeitig ein unwillkürliches Schließen der Augenlider u. s. w.

Der Weg, den unsere Darstellung hier zu nehmen hat, wird im Ganzen wieder der sein: an eine Betrachtung der anatomischen Grundlagen die physiologische Darstellung anzuknüpfen. Aber der Zustand der Wissenschaft begünstigt hier eine speciellere Fortführung nebeneinandergestellter anatomischer und physiologischer Darstellung weit weniger, als in den übrigen Abschnitten der Physiologie. — Die Anatomie der Centraltheile und besonders des Gehirns, so äußerst schwierig sie auch ist, hat doch durch vielfältige fleißige Forschung bedeutende Fortschritte gemacht; auf der andern Seite ist uns über die Thätigkeit dieser Theile Vieles bekannt, insofern diese Thätigkeit in das Bewußtsein fällt. Wir können unsere geistigen Operationen, welche auf Thätigkeiten des Gehirns beruhen, zum Gegenstande der innern Beobachtung machen, die Aeußeruugen der Seelenzustände anderer Menschen damit vergleichen, wir können aus den Thätigkeiten der Thiere, aus der Art, wie diese sich nach den Umständen zu richten wissen, auf ihr Geistiges zurückschließen. Aber zwischen diesen Beobachtungen und dem anatomischen Wissen fehlt das Band. Nur spärlich und vielfach unsicher sind unsere Einsichten in den Werth der bestimmten Einrichtungen der Centraltheile des Nervensystems.

Daher es denn natürlich erscheinen muß, wenn dieser Abschnitt, seinem Gegenstande nach der wichtigste, der Ausführung nach nur sehr dürftig ausfallen wird.

Allgemeine Bemerkungen über die Einrichtung des Nervensystems. Da wir nur ein solches organisches Wesen als ein Thier gelten lassen, welches uns mindestens die Erscheinung der willkürlichen Bewegung darbietet und uns dadurch auf sinnliche Wahrnehmung schließen läßt, in Folge deren allein eine willkürliche Bewegung zweckmäßig geleitet werden kann, so ist damit schon gesagt, daß die Funktionen des Nervensystems in jedem Thiere vollzogen werden müssen. Nach der Analogie mit den höheren Thierformen ist man geneigt, anzunehmen, daß diese überall an eine bestimmte Organisation, an ein materielles Substrat geknüpft sey, welches dem Nervensystem entspricht. Indessen ist es noch sehr die Frage, ob dieses überall als ein gesondertes, von anderen Gewebtheilen verschiedenes System auftritt. Bei Gelegenheit der niedersten Thiere werden wir darauf zurückkommen. Es genüge hier die Bemerkung, daß ein solches isolirtes Nervensystem bei vielen bis jetzt noch nicht bekannt ist.

Ueberall aber, wo wir ein Nervensystem kennen, da wiederholt sich auch eine gewisse Art des Baues desselben mit solcher Deutlichkeit, daß wir bei einem ganz unbekannten Thiere, selbst wenn wir nicht einmal aus seiner Aehnlichkeit mit anderen im Stande wären zu schließen, wo wir seine Nerven zu suchen hätten, diese dennoch, sobald wir sie erblickten, in den meisten Fällen mit völliger Sicherheit für das Nervensystem würden anerkennen können. Es sind zweierlei mikroskopisch sichtbare Elemente, aus welchen die Nervensysteme der höheren Thiere bestehen: Nervenfasern und Nervenkörperchen. Von letzteren unterscheiden wir zwei verschiedene Formen, welche wir jedoch nach unseren jetzigen Einsichten vielleicht überall nur

als verschiedene Entwicklungsstufen und verschiedene Ausbildungen eines und desselben Elementes betrachten dürfen. In den einzelnen Abtheilungen des Nervensystems finden wir bald die Fasern, bald die Körperchen vorherrschend, in den eigentlich sogenannten Nerven oft auf weite Strecken nichts als Fasern, in manchen Abtheilungen der Centraltheile dagegen die Fasern sehr zurückgedrängt.

Die chemische Untersuchung weist in allen Abtheilungen des Nervensystems Eiweiß und verschiedene Fette als zusammensetzende Theile nach. Unter dem Mikroskope erkennt man die Faser gewöhnlich als bestehend aus einem hohlen Cylinder von sehr stark lichtbrechender Beschaffenheit (Rindenschicht) und einer denselben erfüllenden Masse. Schwieriger erkennt man in dieser innern Masse noch den sogenannten Achsencylinder, welcher von der Rindenschicht durch eine Lage getrennt ist, die natürlich auch die Form des Hohlcylinders besitzt, von dem Achsencylinder sich aber an Lichtbrechung wenig unterscheidet. Als Umhüllung des Ganzen findet sich endlich noch eine wenigstens gewöhnlich sehr zarte Hülle. Wo diese stark ausgebildet ist, läßt sie verschiedene Schichten von faserigem Bau mit eingestreuten Kernchen wahrnehmen.

Wir hätten hiernach also ein Vierfaches an der Nervenfaser zu unterscheiden, müssen jedoch bemerken, daß gerade die sehr augenfällige Sonderung der Rindenschicht von den schwächer brechenden inneren Schichten keine Eigenschaft der völlig frischen Nervenfaser seyn soll. Auch kommt sie nicht allen Nervenfasern zu, ist namentlich an den feinsten nicht zu unterscheiden. Doch wollen wir dahin gestellt seyn lassen, ob sie nicht bei manchen Nervenfasern schon ursprünglich vorhanden ist.

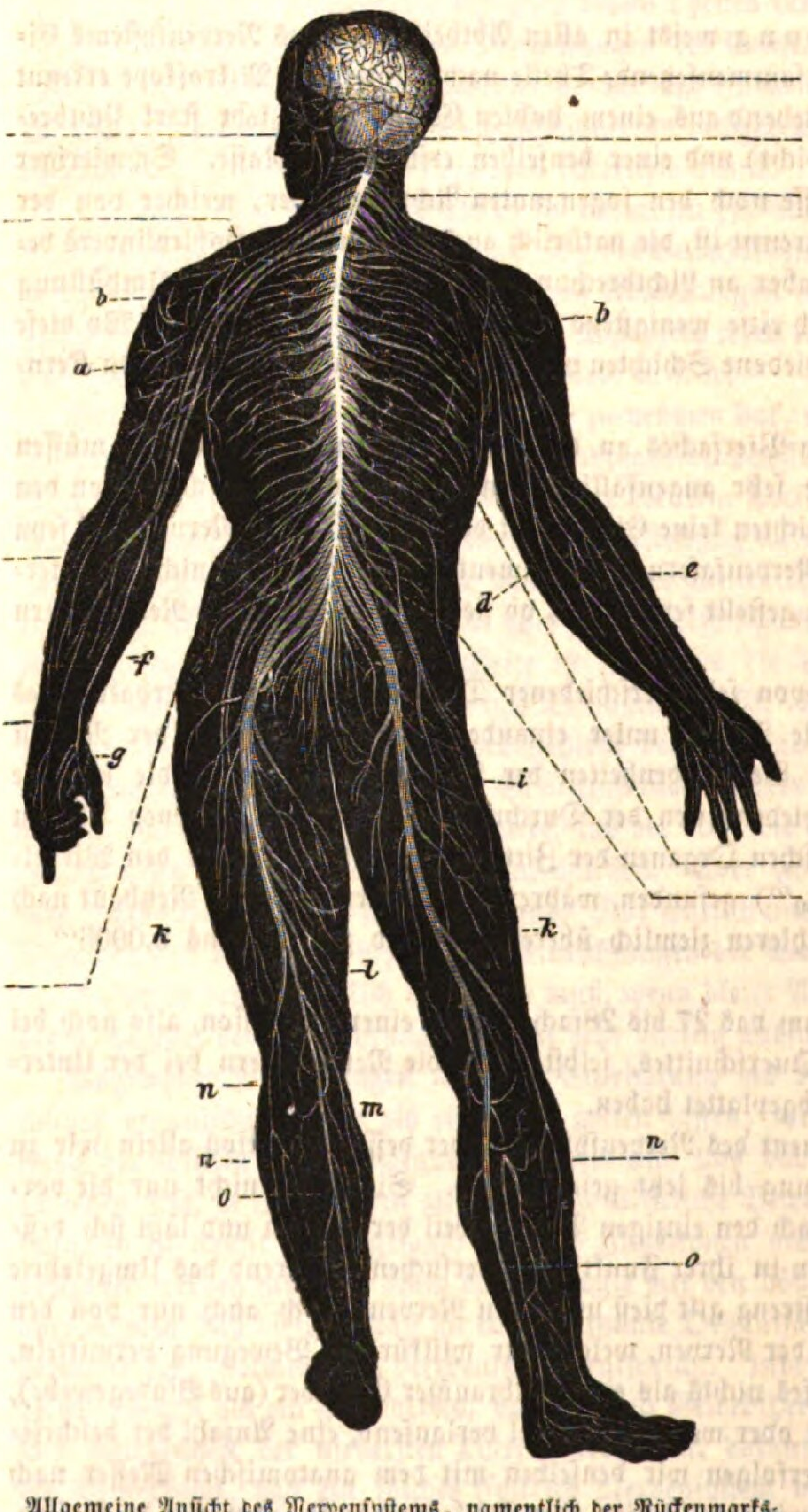
Diese Nervenfasern kommen von sehr verschiedener Dicke vor. Selbst innerhalb eines und desselben Thieres zeigen die Nerven unter einander so wie die Fasern der Nerven und die der Centraltheile große Verschiedenheiten der Durchmesser. Sogar die einzelne Faser bietet oft merkliche Verschiedenheiten der Durchmesser in den verschiedenen Theilen ihrer Länge dar. An den elektrischen Organen der Zitterrochen hat man unter den Wirbelthieren die dicksten (bis selbst $^1/_{60}'''$) gefunden, während die Fasern z. B. der Netzhaut nach mehreren Messungen an Säugethieren ziemlich übereinstimmend zu höchstens $0{,}0006''' = {^1/_{1666}}'''$ anzunehmen sind.

Das ist also ein Unterschied um das 27 bis 28fache nur in einer Dimension, also noch bei weitem nicht des Inhalts oder Querschnittes, selbst wenn die Nervenfasern bei der Untersuchung auch etwas sich sollten abgeplattet haben.

Die Nervenfaser ist das Element des Nervensystems, über dessen Funktion allein wir zu einer leidlich deutlichen Vorstellung bis jetzt gelangt sind. Sie bildet nicht nur die vorwiegende Masse, sondern manchfach den einzigen Bestandtheil der Nerven und läßt sich deßhalb isolirt von Nervenkörperchen in ihrer Funktion untersuchen, während das Umgekehrte bis jetzt nicht möglich ist. Ganz streng gilt dieß unter den Nerven jedoch auch nur von den sogenannten motorischen. Jeder der Nerven, welche nur willkürliche Bewegung vermitteln, ist in einem Theile seines Verlaufes nichts als ein membranöser Cylinder (aus Bindegewebe), in welchem neben einander, mehr oder weniger parallel verlaufend, eine Anzahl der beschriebenen Primitivfasern liegen. Verfolgen wir denselben mit dem anatomischen Messer nach der einen Richtung, so gelangen wir zum Gehirn oder Rückenmark und sehen, wie die Fasern, von ihrer häutigen Umgebung befreit, in die Oberfläche dieser Organe sich einsenken. Verfolgen wir die entgegengesetzte Richtung, so werden wir zu Muskeln geleitet. Handelt es sich um einen größern Nerven, so wird er sich an mehrere Muskeln verzweigen, d. h. von der ganzen Summe von Fasern tritt hier und dort ein Antheil ab, mit einer besondern häutigen Hülle versehen, und nimmt die Richtung gegen den Muskel, auf welchen er zu wirken hat. In dem Muskel selbst zerfällt der eingetretene Ast nun immer mehr und mehr in feinere und feinere Zweige, so daß in der endlichen Vertheilung jedes Faserchen für sich allein mit einem kleinen Antheile des Muskels in Verbindung tritt. Bis hieher herrscht also in dem Verlaufe

jeder einzelnen Nervenfaser die größte Einförmigkeit. Hier und da allerdings sieht man eine Faser sich theilen in zwei andere, welche wieder denselben Bau zeigen. Die Beispiele solcher Theilungen häufen sich in neuerer Zeit immer mehr. Wir berücksichtigen dieselben jedoch in der folgenden Darstellung nicht weiter, da Jeder leicht einsehen wird, welcher Art die Modifikationen der physiologischen Vorstellungen sind, die sich an diesen Umstand knüpfen müssen. An die Muskelfaser tretend hört aber die Nervenfaser entschieden auf, eine einfache zu seyn, sie zerfällt durch Astbildung in feinere Fasern, welche an den Primitivbündeln der Muskeln unserer Beobachtung entschwinden. Somit sind unzählige kleine Theile der Muskeln, jeder für sich durch eine einzelne Nervenfaser, mit den Centraltheilen des Nervensystems in Verbindung gesetzt.

Fig. 315.



Allgemeine Ansicht des Nervensystems, namentlich der Rückenmarksnerven; ihr Zusammenhang mit dem Rückenmarke und ihre Verzweigung in den Körper.

Durch eine solche anatomische Anordnung wird uns nun die Vorstellung nahe gelegt, daß eine in den Centraltheilen stattfindende Erregung einer beliebigen Gruppe von motorischen oder Muskelnervenfasern durch diese Fasern hindurch genau auf eine Muskelgruppe, auf einen einzelnen Muskel oder selbst nur einen Theil eines Muskels wirken müsse.

Diese Auffassung läßt sich auch einigermaßen durch das Experiment erhärten. Wenn wir bei einem lebenden oder eben getödteten Thiere, am besten immer bei einem kaltblütigen, einen Nerven an der Wurzel abschneiden und nun das mit der Wurzel zusammenhängende Stück durch Kneipen, Brennen oder dergleichen reizen, so kontrahiren sich gewisse Muskeln. Wir können also den Reiz, welchen die Centraltheile sonst ausüben, durch künstliche Reize ersetzen. Reizen wir auf ähnliche Weise einen andern Nerven, so kontrahiren sich andere Muskeln. Spalten wir einen Nerven, ohne ihn zu sehr zu mißhandeln, in einige Bündel, so daß wir sie getrennt reizen können, so zucken auf Reizung des einen Bündels andere Stellen, als auf Reizung des andern. Nach solchen Versuchen fordert die Consequenz, daß wir den einzelnen

Fasern die isolirte Leitung zuschreiben. Wir müssen annehmen, daß es bloß von der Fähigkeit der Centraltheile, den Reiz auf größere oder kleinere Gruppen von Fasern zu concentriren, abhängig sey, wie kleine Portionen des Muskelfleisches noch isolirt in Zusammenziehung zu versetzen sind. Es erscheint also hiernach die einzelne motorische Nervenfaser lediglich als das Mittel, eine Stelle der Centraltheile mit einem Theilchen Muskelmasse in Verbindung zu setzen, so daß von dorther eine präcise Einwirkung auf das letztere geschehen könne. So beruht ihre Funktion auf ihren beiden Endpunkten und ihrem isolirten Verlaufe zwischen beiden. (In wiefern dieser Satz etwas bedingter zu stellen ist, insofern sich bei neueren Untersuchungen immer häufiger Gabeltheilungen von Nervenfasern in ihrem Verlaufe gefunden haben, ist leicht zu verstehen.) Bemerkenswerth ist bei dieser Funktion die ungemeine Schnelligkeit, mit welcher sie sich vollzieht. Die Zeit, welche verrinnt, von dem Augenblicke, in welchem ein Reiz einen motorischen Nerven trifft, bis zu dem Augenblicke, in welchem die erste Spur einer Wirkung in den dazu gehörigen Muskeln auftritt, — oder die Zeit zwischen dem Momente einer Einwirkung auf einen sensibeln Nerven und dem Momente, in welchem die Erregung des letztern zum Bewußtsein kommt, ist so kurz, daß bis in die neueste Zeit die Geschwindigkeit der Fortpflanzung der Reizung in der Nervenfaser für unmeßbar gelten konnte. Einer ausgezeichneten Verbindung physikalischer und physiologischer Ausbildung bei einem deutschen Physiologen scheint es jedoch in neuester Zeit gelungen zu seyn, bestimmte Beobachtungen über diese Geschwindigkeit zu erhalten. In Untersuchungen an Nerven großer Frösche (die Nerven waren 50—60^{mm} lang) zeigte sich, daß eine bestimmte Wirkung an den Muskeln um 0,0014—0,002 Secunden später eintrat, wenn der Reiz auf das Schnittende des Nerven, als wenn er nahe bei seinem Eintritte in den Muskel auf ihn wirkte. Die geringeren Geschwindigkeiten fanden bei geringeren Temperaturen statt. *So groß diese Geschwindigkeit ist, steht sie doch weit hinter der des Lichtes und der Elektricität zurück* und erreicht selbst nicht die vom Menschen hervorgebrachten Geschwindigkeiten der Flintenkugel u. s. w. Es ist nur die große Kürze der Bahnen, welche einen solchen Aufwand von Kunst nöthig machte, um ihnen die obigen Bestimmungen abzuwinnen, wie man ja auch erst jetzt die Geschwindigkeit des Lichtes an terrestrischen Entfernungen zu messen gelernt hat.

Was aber im Innern der Nervenfaser bei ihrer Thätigkeit vor sich gehe, darüber wissen wir fast nichts, ja bis vor sehr kurzer Zeit wußten wir absolut nichts weiter, als Anfang und Ende des Processes: Reiz hier, Contraction dort, und daß dazu die Nervenfaser nothwendig sey. Nur dafür sprachen sowohl allgemeine Grundsätze, als auch speciellere Hindeutungen, daß diese Thätigkeit der Nervenfaser, eben so wenig wie die Contraction der Muskelfaser, nicht ohne einen chemischen Proceß vor sich gehe. Erst ganz kürzlich sind Versuche gelungen, den Nachweis eines Vorganges in den motorischen (und sonstigen) Nerven, und zwar eines physikalischen Vorganges, während der Thätigkeit derselben, auch abgesehen von den physiologischen Wirkungen der Muskelcontraction, zu leisten. Man hat nachgewiesen, daß lebenskräftige, aber in Ruhe befindliche Stücke von Nervenstämmen, in gewissen Richtungen von elektrischen Strömen durchzogen werden, und daß im Momente einer Reizung diese Strömung eine merkwürdige Schwankung erfährt. Wie weit die Verfolgung der hiermit betretenen, gewiß unendlich schwierigen experimentellen Bahnen uns in das Innere des Nervenlebens führen werde, darüber wagen wir gegenwärtig noch gar keine Vermuthung.

Auf eine ähnliche Weise, wie die motorischen Nervenfasern zwischen den Muskeln und den Centraltheilen, sind die sensibeln Nervenfasern zwischen den empfindlichen Theilen, der Haut und den übrigen Sinneswerkzeugen einerseits und den Centraltheilen andererseits, die Vermittler. Es kann zweifelhaft seyn, ob sie an der Peripherie sich ähnlich verästeln, wie jene; es bildet auch einen in die Augen fallenden Unterschied, daß die meisten sensibeln Nerven an ihren Wurzeln nicht weit vom Ursprung aus den Centraltheilen eigenthümliche Anschwellungen besitzen (wovon weiter unten). Dieß hat aber mit ihren Funktionen keinen bekannten Zu=

sammenhang. Von dieser Funktion läßt sich ganz Aehnliches sagen, wie von der der motorischen Fasern, d. h. jede sensible Faser, z. B. der Haut, setzt ein bestimmtes Theilchen der Haut mit einem bestimmten Punkte der Centraltheile in Verbindung. Auf ihrem Wege zwischen beiden Endpunkten kann sie, was auch von der motorischen Faser gilt, beliebig lang seyn, beliebige Krümmungen machen, sie kann mit wenigen oder vielen andern Fasern in einer Nervenscheide liegen, das ändert an ihrer Funktion gar nichts. Ja wir werden bald sehen, daß ganz gewöhnlich sensible und motorische Fasern zusammen in einem Nerven liegen, so daß man besondere Stellen (die wir alsbald kennen lernen) aufzusuchen hat, um motorische oder sensible Fasern für sich allein zu haben und damit experimentiren zu können. Wenn man aber einen Antheil sensibler Fasern aufgesucht und durchschnitten hat und dann Versuche wie die obigen mit ihnen anstellt, so findet sich, daß eine Reizung des Endes, was mit der Haut oder dergleichen noch ungetrennten Zusammenhang bewahrt, gar keinen Erfolg hat, während Reizung des Theiles der Fasern, welcher noch mit den Centraltheilen zusammenhängt, bei lebenden Thieren Schmerzäußerungen, Zuckungen u. dgl. hervorruft. Bei eben getödteten Thieren verräth sich die Wirkung eines solchen Reizes in den unten zu besprechenden Reflexbewegungen. Daß nun Reizung von motorischen Fasern keine Empfindung bewirkt, weder wenn sie unverletzt sind, noch wenn man nach Durchschneidung derselben das Ende reizt, welches mit den Centraltheilen zusammenhängt: dieß kann seinen genügenden Grund darin haben, daß eben die Punkte der Centraltheile, in welche diese Fasern eintreten, nicht fähig sind, zur Empfindung erregt zu werden. Ebenso ist es begreiflich, daß die sensibeln Fasern keine Zuckung erregen. Und hier kann der hinreichende Grund durch beide Endpunkte gegeben seyn. Weder vermag der Centraltheil sie zu erregen, noch ist ihre peripherische Verbreitung in solchem Verhältnisse zu contractilen Fasern, daß sie diesen eine Erregung mitzutheilen vermöchten.

Die verschiedene Funktion der beiden Arten der Fasern braucht also gar nicht in ihrer Natur zu beruhen, sondern nur in ihren Verbindungen. Es sprechen hiefür auch die schon erwähnten Versuche über die elektrischen Strömungen in den Nerven, indem bei ihnen die Resultate, so weit es zu ermitteln möglich gewesen ist, ganz gleich ausfallen, mag man mit sensibeln oder motorischen Fasern experimentiren, mag man auf- oder abwärts die Wirkung gehen lassen.

Höchst wichtig muß uns nun namentlich bei den sensibeln Nerven die isolirte Leitung erscheinen. Wir vermögen es uns nicht anders vorzustellen, als daß der Grad von Genauigkeit, mit welchem am Sitze des Bewußtseins in den Centraltheilen beurtheilt wird, welcher Theil des Körpers (der Haut) eine Berührung erfährt, wesentlich davon abhängt, daß von einem Punkte der Haut eine bestimmte Nervenfaser den Reiz auf einen bestimmten Theil der Centralorgane überträgt. Insofern von zwei benachbarten Theilen der Haut zwei isolirte Leitungen zu den Centraltheilen gehen, wird es möglich seyn, die verschiedenen Zustände derselben von einander zu unterscheiden. Befindet sich zwischen zwei (gleichmäßig) gereizten Stellen eine andere, nicht gereizte, welche ebenfalls eine isolirte Leitung durch eine Nervenfaser für sich hat, so ist es möglich, die beiden einwirkenden Reize als räumlich getrennte zu erkennen, indem auf solche Weise der Umstand zum Bewußtsein gelangen kann, daß zwischen zwei gereizten Stellen eine nicht gereizte liegt.

Wir sind hier bei einem Gegenstand angelangt, den wir schon bei Gelegenheit des Tast- und Gesichtssinnes haben berühren müssen. Es ist begreiflich, wie gerade die Tauglichkeit dieser beiden Sinne auf der bezeichneten Fähigkeit beruht. Versuchen wir uns daher eine einfache Vorstellung davon zu machen, wie die Grenzen der Unterscheidungsfeinheit beschaffen seyn mögen und welche Consequenzen mit der angedeuteten Auffassungsweise sich zunächst verknüpfen.

Was sich hier sagen läßt, bezieht sich nun zwar sehr wesentlich auf Experimente, welche nur am lebenden menschlichen Körper angestellt werden können, verdient aber ohne Zweifel

auch seinen Platz in der vergleichenden Physiologie, da die vorzutragenden Sätze der Art sind, daß an eine Beschränkung ihrer Geltung bloß auf den Menschen nicht zu denken ist. Wir gebrauchen hier den Menschen zur Aufklärung dessen, was in den Thieren geschieht, wie so häufig umgekehrt die Beobachtung der Thiere ergänzen muß, was wir am Menschen nicht erforschen können. Die Fragen, welche ich hier berühre, sind von vielen Physiologen in ähnlichem Sinne aufgefaßt worden. Doch hat man, so viel ich weiß, dieselben nicht ganz mit der Präcision aufgefaßt, welche nöthig wird, um sich ihrer Consequenzen deutlich bewußt zu werden. Ich werde gewisse Schwierigkeiten, auf welche ich gestoßen bin, nicht verhehlen, hoffe aber zugleich zu zeigen, daß gewisse Einwendungen, welche man gegen den Werth der isolirten Leitung und der homogenen Funktionen der einzelnen Nervenfaser gemacht hat, nicht Stich halten und daß diese Hypothese, außer den großen Vorzügen, durch welche sie sich, wenn auch unklar, so vielen Physiologen aufgedrängt hat, noch einige andere, bisher unbemerkte bietet.*)

Jedenfalls kann die Wahrheit durch eine schärfere Auffassung der Ansicht, sollte dieselbe auch falsch seyn, endlich doch nur gewinnen.

Wir schreiben jeder empfindenden Nervenfaser in der Haut und in der Netzhaut des Auges einen gewissen Verbreitungsbezirk zu. Wir wollen vorläufig annehmen, daß die Verbreitungsbezirke benachbarter Fasern einander genau begrenzen, weder in einander übergreifen, noch durch Zwischenräume von einander getrennt sind. Wir schreiben ferner der einzelnen Nervenfaser die Funktion zu, gewisse Einwirkungen, welche ihren Verbreitungsbezirk treffen, Zustände des Bezirkes, zur Einwirkung auf die Centraltheile zu bringen. Wir setzen voraus, daß die Faser stets in ihrer ganzen Dicke, soweit dieselbe aus leitungsfähiger Substanz besteht, in Thätigkeit geräth. Dazu nöthigt uns die anatomische Wahrnehmung, welche uns in den Fasern wohl mehrere ungleichartige concentrische Schichten aufweist, aber nicht mehrere unter einander ähnliche Faserungen, von welchen wir annehmen könnten, die eine sey thätig, während die andere ruhe. (Wahrnehmungen der Art, an sehr dicken Nervenfasern gemacht, sind bis jetzt nur Ausnahmen.) Dagegen nehmen wir nicht an, daß die Faser im Stande sey, dem Bewußtsein eine Kunde davon zu verschaffen, an welche Stelle ihres Bezirkes der Reiz trifft, ob mehrere Punkte desselben gereizt werden oder nicht. Wir müssen daher nun auch annehmen, daß die Faser die Berührung mit einem spitzen oder stumpfen Körper zwar unterscheide, weil deren Effekt ein der Art nach verschiedener ist; daß aber im einen Falle eine sehr kleine, im andern eine weit größere Stelle berührt wurde, das überträgt die Nervenfaser nicht zum Bewußtsein, sondern die spitzige und stumpfe Beschaffenheit des berührenden Körpers wird durch das Urtheil aus der bekannten Art der Empfindung gefolgert. Die unmittelbare Empfindung kann nur die von einer Reizung seyn, welche den Verbreitungsbezirk der Faser betroffen hat; es muß diese Reizung, wenn sie etwa auch mit einer feinen Nadelspitze bewirkt würde, sich gleichsam ausbreiten. Denn die Nervenfaser repräsentirt ihren ganzen Bezirk; sie kann also bei einem solchen höchst localen Reize nur den mittleren Zustand ihres Bezirkes, gleichsam eine Summe aus den Zuständen der nicht gereizten und des einen gereizten, zum Bewußtsein bringen, sie kann, wie wir es oben ausdrückten, nur homogen funktioniren. Indem wir aber längst aus Erfahrung wissen, daß ein Reiz gerade von der Art, wie wir ihn fühlen, nur von einem spitzen Instrumente bewirkt werden kann, so verbindet sich diese Vorstellung auch sogleich mit dem Gefühle, wir glauben die locale Beschränkung unmittelbar zu fühlen, wie wir so vielfach ganz combinirte Wahrnehmungsakte für einfache nehmen, bis wir durch wissenschaftliche Ueberlegung zu der Ueberzeugung kommen, daß sie es nicht sind.

Ich verhehle mir nicht, daß gerade diese Annahme gewagt wird erscheinen können und

---

*) Das Folgende war geschrieben und der wesentliche Inhalt in mündlichen Vorträgen mitgetheilt, ehe einige neuere Betrachtungen von gleicher Richtung (Czerneck, Kölliker) erschienen.

muß nur auf das Folgende verweisen: man mag sehen, ob dieß hinreichend in sich und mit der Erfahrung zusammenhängt, um über eine kleine Schwierigkeit zu beruhigen.

Für jeden Fall will ich darauf hinweisen, daß in den weniger nervenreichen Strecken der Haut (Rücken, Außenseite des Oberschenkels u. s. w.) die Bestimmung der Oertlichkeit eines Reizes sehr viel unsicherer ist, als in den reicher versehenen. Ein bekannter Naturforscher, welcher einer mündlichen Entwicklung meiner Ansichten beiwohnte, theilte mir mit, daß er sehr oft, wenn er von Insektenstichen an verschiedenen Theilen des Körpers belästigt worden sey, in der Schwierigkeit, die Thierchen zu erhaschen, einen großen Unterschied gefunden habe, je nachdem sie sich an diesen oder jenen Körpertheilen aufhielten.

Wollen wir nun auf diese Grundlage hin uns eine Vorstellung davon machen, unter welchen Bedingungen ein Reiz überall gefühlt werde, so wird es sehr annehmbar erscheinen, daß dieß davon abhänge: 1) wie stark seine Wirkung auf aliquote Theile, (welche man sich äußerst klein denken mag) eines Verbreitunsbezirkes sey, und 2) wie viele solcher kleinen Bruchtheile von dem Reize betroffen werden. Beides zusammen wird die Quantität des Reizes ausmachen. Es kann also ein Reiz entweder aus dem Grunde der Wahrnehmung entgehen, weil seine Ausdehnung eine allzu geringe ist, oder weil er, bei beliebiger Ausdehnung, zu schwach auf die beliebigen kleinen Theile wirkt. Dieß läßt sich an bestimmte Erfahrungen besonders über die Grenzen der Fähigkeit des Auges sehr wohl anknüpfen. Wir wissen, daß ein schwarzer Punkt auf weißem Grund oder drgl., welcher mit bloßem Auge gesehen werden kann, in einer bestimmten Entfernung dem Gesichte verschwindet. Wir wissen dagegen, daß einige tausend Fixsterne, wiewohl sie bei den stärksten teleskopischen Vergrößerungen noch keinen sichtbaren Durchmesser zeigen, für das Auge also geradezu unendlich klein sind, dennoch wegen der großen Lichtmasse, welche von ihnen ausgeht, mit bloßem Auge gesehen werden. Unzählige andere dagegen entgehen dem bloßen Auge, weil durch die ungeheuren Entfernungen endlich auch diese Lichtmassen zu gering werden.

Im ersten Falle wird also ein mäßiger Reiz wahrgenommen, so lange er hinreichend ausgedehnt wirkt, im zweiten ein sehr starker von sehr beschränkter räumlicher Ausdehnung; im dritten wird ein ähnlicher aber schwächerer Reiz bei gleicher räumlicher Ausdehnung nicht empfunden.

Hier wird man vielleicht eine Einwendung machen, darauf begründet, daß die Sterne uns verschieden groß scheinen. Wenn das Auge einen unendlich kleinen Gegenstand sieht, so muß dessen Bild auch unendlich klein seyn. Es fällt also nur auf eine Faser, die Bilder könnten also nur, je nach der Lichtmasse eines Sternes, verschieden hell erscheinen, nicht aber verschieden groß. Denn die Größe ist nach unseren obigen Annahmen durch die Ausbreitungssphäre der einzelnen Faser gegeben, indem der Eindruck des unendlich kleinen, sehr hellen Punktes mit dem des nicht erleuchteten Theiles des Faserendes verschmilzt. Darauf ist aber zu erwidern, daß stärkere Wirkungen auf einzelne Nervenfasern allerdings in gewissem Maaße durch die sog. Irradiation die isolirte Leitung verdecken. Eine einzelne stark gereizte Faser scheint innerhalb der Centraltheile die benachbarten zu erregen, so daß das die Reizung bedingende Objekt sich scheinbar in die Fläche ausdehnt, auch wenn es absolut punktförmig wäre.

Ein anderes sehr gemeines Beispiel von dem Unterschiede, welchen die räumliche Ausdehnung (die Zahl der gereizten aliquoten Bruchtheile eines Faserbezirkes) bewirkt, ist es, daß eine Linie von bestimmtem Durchmesser in weit größerer Entfernung gesehen wird, als ein Punkt von gleichem Durchmesser (Gleichheit der Beleuchtung, Färbung des Hintergrundes werden ebenfalls vorausgesetzt). Denken wir den Bezirk einer Faser als quadratisch und nennen ihre Durchmesser 1, das Bild des Punktes (ebenfalls quadratisch) und das der Linie haben den Durchmesser 0,1: so deckt die Linie 0,1 jeden Bezirkes, über den sie läuft, der Punkt 0,01 eines Bezirkes. Daß also die Linie sichtbar seyn kann, während der Punkt nicht gesehen wird, ist ohne Weiteres klar.

Um nun zu einem Urtheile über die absolute Größe der Verbreitungsbezirke zu kommen, lassen sich gewisse Versuche anstellen, deren Prinzip aus dem Vorigen begreiflich ist. Für unsern Zweck einigermaaßen brauchbare Versuche in Beziehung auf die Netzhaut des Auges sind (freilich nur in der Absicht, die Tauglichkeit des Auges als Beobachtungsinstrument näher zu bestimmen) schon vor fast einem Jahrhundert angestellt. Entsprechende Experimente in Beziehung auf die Haut verdanken wir aber erst ausgezeichneten Physiologen unserer Zeit.

Das Verfahren bei der Beobachtung des Auges ist Folgendes*): man trägt eine Anzahl gleich breiter, schwarzer Striche in gleichen Zwischenräumen auf einen weißen Grund. Ein so gezeichnetes Blättchen bringt man in die Entfernung, in welcher es völlig einförmig grau erscheint. Hat man die geringste Entfernung ermittelt, in welcher dieß der Fall ist, so berechnet man die Größe, in welcher bei eben dieser Entfernung der Durchmesser eines schwarzen Striches und eines weißen Raumes auf der Netzhaut erscheinen muß. Diese Größe (d. h. die Summe der beiden Durchmesser) muß dem Durchmesser eines Bezirkes entsprechen. Denn es kann die geringste Entfernung, in welcher jene Zeichnung einförmig grau erscheint, nur die seyn, in welcher Weiß und Schwarz zu nahezu gleichen Antheilen sich auf allen den kleinen Bezirken befinden, jeder derselben ziemlich ebenso viel Weiß als Schwarz erhält. Die angeführten älteren Versuche zeigen, daß die Entfernung, in welcher das Grau eintrat, dieselbe war, wenn die weißen Zwischenräumen $^2/_3$ und die Striche $^1/_3$ der Summe betrugen, als wenn beide gleich ($^1/_2 + ^1/_2$) waren. —

Es ergibt sich nach diesen Versuchen eine ungemein geringe Größe für die Durchmesser der fraglichen Bezirke. Wenn man aber die Bilder nicht zu klein berechnet, was früher öfter geschehen ist **), entsteht daraus doch keine Verlegenheit für unsere Hypothese. Es scheint nämlich diese berechnete Größe sehr gut übereinzustimmen mit dem Durchmesser der Netzhautfasern nach Henle, Pacini u. A.; d. h. wir bedürfen nur die Annahme, daß die Nervenfasern an dieser schärfstsehenden Stelle der Netzhaut (von welcher die Experimente bis jetzt allein sprechen) dicht gedrängt und ohne Ausbreitung endigen. Da dieß nur für einen kleinen Theil der Netzhaut gilt, so können wir auch nicht um die dazu nöthige Zahl von Nervenfasern in Verlegenheit gerathen. ***)

Während aber hier die Feinheit des Unterscheidungsvermögens so groß †) ist, daß wir es nur bei der großen Feinheit der Fasern des Sehnerven und der Annahme dicht-

*) Ich habe vor einer Reihe von Jahren dieß Verfahren ausgedacht, als ein Mittel zu den Messungen zu gelangen, welche wir oben suchen. Die Versuche von F. H. Weber über die Haut gaben mir dazu die Anleitung. Listing wies mir kürzlich die entsprechenden Versuche von Tobias Mayer d. Aelt. im 4. Bde. der Comment. Sc. reg. Gotting. nach.

**) Ich habe bei dieser Berechnung Angaben von Listing benutzt. Dieser hat die Vergleichung des Winkels zwischen dem Visirpunkte und dem den Physiologen bekannten Mariotte'schen Fleck, mit dem Abstande des gelben Fleckes von der Eintrittsstelle der art. centr. ret. zu einem sehr guten Argumente über die Größe der Netzhautbilder erhoben.

***) Es ist dieß einer der Punkte, welche der verdienstvolle Volkmann in seiner Polemik gegen die Homogeneität (wie wir es hier genannt haben) der Funktion der einzelnen Faser übersehen hat. Wir hoffen, daß dieser gewissenhafte Forscher der Erörterung dieser Angelegenheit, der erneuerten Durchprüfung seiner eigenen Ansichten sich noch einmal zuwenden werde. Das kann nur zur Förderung der Wahrheit gereichen.

†) Wir erinnern hier noch einmal an das, was wir über die Größe des Auges der Vögel gesagt haben. Diese Größe ist höchst auffallend an dem sonst so sparsam ausgerüsteten Kopfe der Vögel. Sie verlangt eine Erklärung. Kann man nun eine einfachere geben, als die: daß durch die Größe des Organes die Größe der Bilder erreicht werden sollte und daß durch diese Größe wieder bezweckt wird, die Bilder über eine größere Zahl von Nervenfasern auszubreiten, so daß dadurch die Wahrnehmung einer größern Menge von Einzelheiten in den Bildern möglich wird?

gedrängter, nicht ausgebreiteter Endigungen erklären können, fällt das Resultat an der Haut entgegengesetzter Weise so aus, daß die Feinheit der Wahrnehmung weit geringer ist, als nach der Anzahl der empfindenden Fasern der Fall seyn müßte. Es gibt Stellen am Körper, wo man zwei Zirkelspitzen bis zu 2,5″ von einander entfernt auf die Haut setzen muß, damit sie als zwei erscheinen. Wollten wir aber auch, der Anatomie uneingedenk, annehmen, daß auf dem Rücken z. B., wo eben das Unterscheidungsvermögen so gering ist, immer nur auf ein Hautstück von mehr als eines Quadratzolles Größe eine einzige Nervenfaser käme, so würde dieß dennoch die Versuche gar nicht erklären.

Denken wir uns nämlich eine Reihe solcher Felder nebeneinander; wir geben einem jeden 15″ Durchmesser; jetzt ist es allerdings möglich, daß die Zirkelspitzen bis zu nahe 30″ auseinander rücken und dabei doch auf zwei benachbarten Feldern bleiben; es ist aber schon bei einer Entfernung von etwas über 15″ möglich, daß die Zirkelspitzen ein ganz unberührtes Feld zwischen sich lassen. Würde man also mit einem z. B. um 20 geöffneten Zirkel tastend allmählig über eine Reihe von solchen Bezirken fortgehen, so müßten ganz sprungweise die Spitzen bald als getrennt, bald als nicht getrennt empfunden werden, je nachdem eben der vorangehende oder der folgende Schenkel eine Grenze überschreitet. Der Art sind nun die Resultate keineswegs, sondern die zur Unterscheidung der zwei getrennten Eindrücke nöthige Entfernung kann sich über größere Hautstrecken merklich gleich bleiben.

Diese Schwierigkeiten verschwinden aber sogleich, wenn wir für die Haut unsere obige Supposition (welche für die Netzhaut bleiben muß), fallen lassen: daß die Verbreitungsbezirke einander berühren, ohne übereinander zu greifen. Wir nehmen an, daß die Verbreitungsbezirke der einzelnen Fasern in der Haut bedeutend groß sind und so stark übereinandergreifen, daß jede Hautstelle, z. B. des Rückens, nicht durch 2 oder 3, sondern durch viele Fasern ihre Zustände zur Wirkung auf die Centraltheile bringt. Wer aber eine andere (sich allerdings durch gewisse Motive empfehlende) Auffassung vorziehen sollte, der wird sich auch denken können, daß die fragliche Vermengung in den Centraltheilen geschehe. Man müßte sich vorstellen, daß eine größere Anzahl von sensibeln Fasern der Haut ihre Zustände auf eine geringere Zahl von Fasern in den Centraltheilen übertrüge, welche letztere Fasern dann erst diese Zustände zum Bewußtseyn brächten. Und zwar müßte dabei die Einrichtung so seyn, daß jede der peripherischen Fasern, wenn sie nicht durch ihre Lagerung sehr vorwiegend einer der centralen angenähert wäre, stets mindestens auf zwei derselben wirkte. Macht man sich das eine oder das andere dieser Verhältnisse deutlich, so wird man finden, daß sie die aufgefundenen Schwierigkeiten völlig zu heben im Stande sind. Es wird dadurch möglich, daß die Zirkelspitzen viel weiter auseinander weichen müssen, als nach dem Nervenreichthum der Haut zu erwarten wäre, ehe ein ganz unbetheiligter Bezirk zwischen ihnen liegt, oder nach der andern Hypothese ausgedrückt: ehe eine der Centralfasern unberührt zwischen benachbarten in Thätigkeit befindlichen bleibt.

Unter diesen Voraussetzungen wird es auch begreiflich werden, wie selbst auf Hautstellen, welche eine Entfernung der Zirkelspitzen von zwei Zoll und darüber fordern, um dieselben als zwei zu erkennen, dennoch ein einzelner, sich über die Haut bewegender Punkt schon auf einer kurzen Bahn nicht nur als bewegt erkannt, sondern auch seiner Richtung nach richtig aufgefaßt wird.

Abgesehen übrigens von einer ganz unmittelbaren Beziehung der Entfernung, in welcher zwei Reize von einander einwirken müssen, um in der Wahrnehmung getrennt zu werden, zu der Zahl der Nervenfasern der Hautstrecken, ist so viel auch für die Haut offenbar, daß die nervenreicheren Stellen ein feineres Unterscheidungsvermögen besitzen.

Mit den über die Homogeneität der Funktion der einzelnen Nervenfaser hier dargelegten Ansichten steht nun auch in der innigsten Verbindung die Thatsache, daß die sensible Faser nichts davon zum Bewußtsein bringt, ob sie an ihrem peripherischen Ende oder einer andern Stelle in ihrem Verlaufe gereizt worden ist. Jede Reizung derselben, wo sie auch stattfinde,

ruft stets nur die Vorstellung hervor, als sey das peripherische Ende erregt. Das ist uns nun sehr begreiflich, denn der gereizte Punkt der Centraltheile ist eben derselbe geblieben, es ist kein Mittel vorhanden, wodurch es zum Bewußtsein kommen könnte, daß nur ein kürzerer Theil der Nervenfaser erregt war. Es beruht hierauf, daß wir ein Gefühl scheinbar in den Fingerspitzen haben, wenn wir einen Nervenstamm am Ellenbogen verletzen u. s. w., hierauf, daß Amputirte noch lange Zeit scheinbar in dem entfernten Gliede Schmerzen haben, daß bei Operationen in der Achselhöhle (wie ich selbst als Zeuge erlebt) der Kranke, dessen Nervenstämme dort gezerrt werden, darüber klagt: „man kneipe ihm nun auch noch die Finger" u. s. w. Auf eben diesem Umstande beruht es, ja es ist nur ein besonderer Fall dieser Art von Erscheinung, daß auch die Erregung des Theils einer sensibeln Faser, welcher schon innerhalb der Centraltheile liegt, die Vorstellung eines Reizes hervorbringt, welcher auf den Punkt ihrer peripherischen Verbreitung wirkt. So können Erregungen der Fasern des Sehnerven, auch wenn die erregende Ursache sich innerhalb des Gehirns befindet (z. B. Blutandrang) Visionen hervorrufen, welche mit der größten Bestimmtheit sich vor uns im Raume zu befinden scheinen, und so kann die krankhafte Affektion der im Gehirn oder Rückenmark enthaltenen Empfindungsfasern die Vorstellung von Schmerzen, Jucken, Prickeln, Kitzel auf der Haut erregen.

Hiemit stehen nun auch die Erscheinungen der sogenanten Irradiation der Empfindungen, welche wir schon bei Gelegenheit der Netzhaut zu erwähnen hatten, in unmittelbarer Verbindung. Um diese zu verstehen, müssen wir annehmen, daß die Sonderung der Zustände der einzelnen Nervenfasern, welche innerhalb der Nervenstämme anzunehmen ist, in den Centraltheilen nicht ganz in demselben Maaße sich findet. Es ist hier unter gewissen Umständen (z. B. bei einer sehr starken Erregung) möglich, daß eine Faser, welche von Seiten ihres peripherischen Endes gereizt war, ihre Erregung anderen benachbarten mittheilt. Dadurch wird denn die Vorstellung bewirkt, als seyen mehrere Fasern direkt gereizt. Diese Erscheinung wird am leichtesten zu verstehen seyn, wenn wir an solche Beispiele derselben erinnern, welche auch in der Wirklichkeit geeignet sind, am meisten auf sie aufmerksam zu machen und die Realität derselben zu erweisen. Es kommt nämlich mehrfach vor, daß Nervenfasern, welche in einem Stamme aus den Centraltheilen treten, sehr wahrscheinlich also auch innerhalb derselben einander sehr nahe liegen, in ihrer peripherischen Verbreitung weit von einander getrennt werden. Wenn dann zwischen den verschiedenen Fasern eines solchen Nerven eine Mittheilung, Irradiation stattfindet, so kann sie in der Weise bemerklich werden, daß, nach Reizung eines Punktes, neben dem an dieser Stelle erregten Gefühle auch noch ein anderes auftritt, welches seinen Sitz in einer entfernteren Stelle zu haben scheint. Ich will nur ein hierher gehöriges Beispiel anführen: wenn ich die Tiefe meines Gehörganges berühre, so entsteht bei mir ein sehr heftiges Kitzeln in der Kehle, was mich selbst zum Husten zwingt. Diese Erscheinung ist schon von Anderen beobachtet und erklärt. Der nervus vagus, welcher überhaupt eine sehr ausgebreitete Verzweigung hat, schickt u. a. auch Aeste zum Gehörgange und zur Kehle. Die Fasern dieser Aeste liegen ohne Zweifel im Gehirne nahe bei einander, und so können Reizungen der einen auf die anderen übergehen. Dann ist das Gefühl genau dasselbe, als wenn letztere peripherisch gereizt würden. Ja es erregt dieser Zustand der centralen Enden der Nervenfasern des Kehlkopfes nicht bloß diese Gefühle, sondern auch dieselben Reflexbewegungen (unwillkürliches Husten), als wenn der Kehlkopf direkt angegriffen wäre. *)

---

*) Ich habe gerade dieß Beispiel gewählt, weil es, von einigen Physiologen angegeben, noch wenig bestätigt worden ist. Es scheinen nicht bei Allen die Nervenfasern gleichmäßig gerade zu dieser Mittheilung geneigt. Es ist vielleicht dazu eine besondere Reizbarkeit des Kehlkopfes erforderlich, an welcher wenigstens ich in der That leide. (Dieselbe Beobachtung kann ich jeden Augenblick auch bei mir wiederholen. L.)

Man begriff solche Erscheinungen früher mit anderen unter dem Namen der Sympathie zusammen. Der Namen ist wohl brauchbar, seiner unmittelbaren Bedeutung nach. Seine Anwendung hängt aber historisch mit einer unrichtigen Auffassung solcher Erscheinungen zusammen, mit einer Auffassung, welche dem weiter unten zu besprechenden vegetativen Nervensysteme den Namen des sympathischen verschafft hat, wiewohl dasselbe mit den sympathischen Erscheinungen im Körper nichts vorzugsweise zu thun hat. In den hier besprochenen Fällen ist das Gehirn der Sitz der Sympathie. — Zeigt sich dieselbe zwischen Fasern, deren peripherische Endigung ebenfalls eine benachbarte ist, so ergibt sich eine einfache scheinbare Ausdehnung des Reizes. So ist es bei der Netzhaut. Es läßt sich leicht nachweisen, daß ein weißer Fleck auf schwarzem Grunde immer größer erscheint, als ein genau gleich großer schwarzer auf weißem Grunde. —

Die Integrität der Leitung durch die Nervenfaser ist sehr an die **anatomische Integrität** gebunden. Die Leitung wird schon zeitweilig durch einen bloßen Druck auf einen Nervenstamm aufgehoben. So entsteht das sogenannte Einschlafen eines Gliedes. Vollständig ist die Unterbrechung da, wenn ein Nervenstamm durchschnitten wird, mögen sich nachher die durchschnittenen Enden berühren oder nicht. Durch Verheilen kann aber eine Leitung wieder eintreten, welche jedoch vielleicht nicht wieder die frühere Vollständigkeit erreicht. Wäre dieß der Fall, so müßte man entweder annehmen, daß alle Nervenfasern wieder genau dieselben Verbindungen aufgefunden hätten, oder man hätte zu supponiren, daß neuentstandene Verbindungen denselben Dienst wie die früheren leisten könnten. Daß letztere Annahme den vorhin entwickelten Ansichten feindlich seyn würde, ist offenbar. Sie ist aber, wie gesagt, durchaus überflüssig.

Neben diesen Erkenntnissen über die Leitung in den Nervenfasern und dem, was wir schon aus dem Kapitel von den Sinnesorganen über die Verschiedenartigkeit der Funktion der sensiblen Nerven wissen, müssen wir hier nun noch eine Eigenheit des Nervensystems berühren, welche wir die **Veränderlichkeit der Reizbarkeit** nennen. Wir müssen auch hier bemerken, daß wir nicht von einander trennen können, was dabei der Nervenfaser, was den Centraltheilen zukommt; doch wissen wir jedenfalls durch Versuche an motorischen Nerven frisch getödteter Thiere, daß diese Veränderlichkeit auch in der Nervenfaser, wenn sie getrennt von den Centraltheilen beobachtet wird, sich zeigt. Was wir aber hierüber von den sensitiven Nerven wissen, das beruht ziemlich ausschießlich auf der Selbstbeobachtung des Menschen. Dennoch müssen wir von diesem Resultate einigen Gebrauch in der vergleichenden Physiologie machen; es ist undenkbar, daß das Nervensystem der Thiere sich wesentlich anders verhalten sollte, als das menschliche; aber allerdings werden wir uns die Frage vorlegen müssen, ob nicht ein Unterschied nach dem Grade wahrscheinlich sey. Die Veränderlichkeit der Reizbarkeit der Nerven zeigt sich im Allgemeinen als Steigerung der Reizbarkeit durch Ruhe der Nerven, Sinken der Reizbarkeit durch dauernde Einwirkung von Reizen. Besonders das Letztere läßt sich leicht in zwei verschiedenen Formen beobachten: Sinken der Reizbarkeit eines Theiles einer Nervengruppe durch Reizung eines andern Theiles derselben (gleichzeitige Herabstimmung), und Sinken der Reizbarkeit in denselben Nervenfasern, welche den Reiz erfahren haben. Beispiele, welche hierher gehören, sind Jedem in Menge zur Hand: unsere Empfänglichkeit für den Reiz der Wärme wird durch höhere Wärmegrade abgestumpft, durch geringere erhöht: derselbe Kellerraum, der uns im Sommer den Eindruck eisiger Kälte macht, erscheint uns im Winter warm; und dasselbe Wasser, welches der eingetauchten Hand lauwarm scheint, macht den Eindruck einer tiefern Temperatur, wenn die andere Hand in heißes Wasser gesteckt wird. Entsprechende Beispiele vom Gesichtssinn sind ebenfalls geläufig. Ich erinnere an das, was ein Jeder beobachtet, wenn er aus einem hellen in einen dunkeln oder aus einem dunkeln in einen hellen Raum tritt, an die Gewöhnung an stärkeres Licht (Sinken der Reizbarkeit) oder an schwaches Licht (Steigerung der Reizbarkeit). Diese Beispiele mögen zur Verständigung über das, um was es sich handelt, genügen. Es wäre

überflüssig, noch von den besonderen Erscheinungen zu reden, welche durch Veränderung der Reizbarkeit eintreten, wo es sich nicht um ein bloßes Mehr oder Minder des Reizes (wie bei der Wärme), sondern um noch andere Differenzen (wie bei Tönen, Farben, Gerüchen, Geschmäcken) handelt. Ein wichtiges praktisches Resultat aus dieser Veränderlichkeit der Reizbarkeit ist es nun, daß unsere Sinneswerkzeuge in gewisser Hinsicht bedeutend hinter den physikalischen Instrumenten zurückstehen: ein Thermometer zeigt durch gleichen Stand stets die gleiche Temperatur; ein Maaßstab, mit welchem wir eine Entfernung messen, gibt dieselbe immer gleich an. Verhielte sich das Quecksilber im Thermometer wie unsere Nervensubstanz, so müßte es, bei einem Stande von 20^0 in Eiswasser gesteckt, erst unter 0^0 sinken, dann langsam steigen. Würde es dann wieder der Luft von 20^0 ausgesetzt, so müßte es erst über 20^0 steigen u. s. w.

Wenn aber auf solche Weise den Angaben unserer Sinneswerkzeuge kein so großer objektiver Werth zukommt, so ist der subjektive desto größer. Wir dürfen in dieser Hinsicht schon in Anschlag bringen, daß in manchen Fällen die Eindrücke, welche in Folge veränderter Reizbarkeit eintreten, den Werth von Warnungen haben, welche von Schädlichkeiten zurückhalten, wie z. B. in dem angeführten Beispiele des Eindruckes intensiver Kälte beim Eintreten in einen Keller im Sommer. — Weit wichtiger ist es aber, daß eben durch die veränderliche Reizbarkeit die Nerven fähig werden, ihre Dienste bei sehr verschiedenen Stärken der einwirkenden Reize zu verrichten. Wir würden ohne diese Einrichtung nicht fähig seyn, bei hellstem tropischen Tage und auch bei Mondenlicht so gut zu sehen, wir würden nicht im Stande seyn, manchen starken und widrigen Gerüchen und Geschmäcken zu trotzen, unter sehr verschiedenen Klimaten zu leben, wenn unsere Nerven nicht diese Eigenschaft besäßen. Man denke sich nur, daß man stets dieselbe Empfindlichkeit für die Wärme besäße, welche man im Winter nach einem Gange in kalter Luft hat, eine Empfindlichkeit, bei welcher im ersten Augenblicke eine Wärme von 15^0 R. schon unerträglich scheint; dadurch würde offenbar die Ausdehnung des Menschengeschlechtes auf der Erde wesentlich beeinträchtigt seyn. Es ist dieß also ein wesentlicher Theil der sehr biegsamen Natur des Menschen, und es ist wenigstens möglich, daß viele Thiere, welche nicht im Stande sind, sich so vielen verschiedenen Umständen anzupassen, auch eine weniger veränderliche Reizbarkeit besitzen. Von allen und in jeder Hinsicht soll dieß jedoch keineswegs behauptet seyn; am wenigsten aber eben von denen, welche über den ganzen Erdboden die Begleiter des Menschen sind. Ich sollte denken, daß z. B. das Pferd in noch höherem Grade als der Mensch sein Auge verschiedenen Lichtstärken anzupassen vermag. Auch den Verschiedenheiten der Klimate passen sich solche Thiere in einem Grade an, welcher uns sehr beachtenswerth scheinen muß, wenn wir bedenken, wie viel dabei für den Menschen durch Wohnung, Kleidung u. s. w. erleichtert wird.

Das andere mikroskopische Element des Nervensystems, das N e r v e n k ö r p e r c h e n, findet sich in bald kleineren, bald größeren Zusammenhäufungen im Körper, bildet z. B. bei den Wirbelthieren mit einer ansehnlichen Menge amorpher und körniger Substanz einen sehr großen Theil des Gehirns und Rückenmarks, sowie zahlreiche Anschwellungen von Nerven in anderen Theilen des Körpers. Mögen die Anhäufungen aber groß oder klein seyn, so stehen sie immer mit zahlreichen Nervenfasern in Verbindung, welche sich gruppenweise (d. h. als sog. Nervenstämme) an sie anschließen. Ja in den Nerven der drei sogenannten höheren Sinneswerkzeuge (Geruchs-, Gesichts- und Gehörnerven) finden sich neben den Nervenfasern die Nervenkörperchen und andere, als Bestandtheile des Gehirns eben genannte Formelemente in reicher Menge, auch ohne besondere Anschwellungen zu bilden. In der Netzhaut bestehen Schichten daraus, welche der Faserschicht aufgelagert sind. Gewöhnlicher aber ist das Vorkommen dieser Körperchen mehr an besondere Anschwellungen der Nervenstämme gebunden. Vielfach werden dann die Gruppen von Nervenkörperchen von den Nervenfasern durchflochten, und es darf jetzt als unzweifelhaft angesehen werden, daß sehr häufig die Nerven-

körperchen mit den Fasern in solcher Verbindung stehen, daß eine Nervenfaser in einer Stelle ihres Verlaufes in ein solches Körperchen anschwillt und jenseits wieder als Nervenfaser fortgeht. In anderen Fällen scheint ein Körperchen nur nach einer Seite hin mit einer Faser in Verbindung zu stehen, und kann dann wohl als deren Ursprung angesehen werden, während in noch anderen Fällen die Körperchen mehrere Ausläufer zeigen, mittelst deren sie vermuthlich mit mehreren Fasern, auch wohl unter sich, zusammenhängen. Dieß ist durch das ganze Rückenmark und an vielen Stellen des Gehirnes der Fall. Es soll diese Form von Nervenkörperchen sich überall besonders da vorfinden, wo wir den Sitz der Reflexthätigkeit annehmen dürfen.

Bei den Wirbelthieren ist die Hauptmasse der Nervenkörperchen im Rückenmarke und Gehirne angehäuft und es ist damit sogleich die Vermuthung gegeben, daß sie einen wesentlichen Antheil an der Besonderheit der Funktionen dieser Theile haben.

Wir wollen zunächst diese Organe und ihre Funktionen näher beschreiben und dann die Betrachtung einer andern Abtheilung des Nervensystems daran anschließen.

Das Rückenmark ist seiner äußern Form und seinem innern Bau nach weit einfacher als das Gehirn, mit welchem es stets durch das Hinterhauptsloch des Schädels hindurch in Verbindung steht. Man erkennt darin außer den Nervenkörperchen feine Fasern, deren verschiedene Richtungen noch bei Weitem nicht hinreichend bekannt sind. Doch läßt es sich in erhärtetem Zustande vorherrschend leicht der Länge nach in mehrere Stränge zerlegen, woraus zu schließen ist, daß viele Fasern dazu dienen, theils die verschiedenen Gegenden des Rückenmarks unter sich, theils das ganze Rückenmark mit dem Gehirne, in welches diese Faserzüge übergehen, in funktionelle Verbindung zu setzen. Wollen wir nun eine Vorstellung von den Funktionen dieses Centraltheiles erhalten, so müssen wir ihn sogleich in Verbindung mit den Nervenstämmen untersuchen, welche sich daran befestigen. Man sieht am Rückenmarke, in vier von vorn nach hinten (beim Menschen von oben nach unten) verlaufenden Linien, eine große Menge von Nervenfasern in feinen Bündelchen hervortreten, von welchen es ausgemacht scheint, daß sie unmittelbar in Fasern des Rückenmarks übergehen. Von den vier Ursprungslinien laufen zwei symmetrisch auf der Rückenseite des Markes, die zwei anderen symmetrisch auf der Bauchseite desselben. Die feineren Bündelchen vereinigen sich nun in der Weise zu stärkeren Nervenstämmen, daß immer eine Anzahl vorderer und hinterer Bündelchen einer Seite sich einander annähern und, indem sie den Rückenmarkskanal verlassen, von einer derben, gemeinschaftlichen Zellgewebescheide umhüllt werden. Diese Nervenaustritte finden sich in der Regel auf beiden Seiten symmetrisch und den Zwischenräumen der Wirbelbögen entsprechend, so daß zwischen je zwei Bögen ein Nervenpaar nach Außen tritt (Fig. 316, 317). Es ist durch genaue Untersuchungen festgestellt, daß alle die Fasern, welche aus den hinteren oder an der Rückenseite liegenden Ursprungslinien in einen Nerven treten (hintere Wurzel) sensibel, alle die Fasern der vordern Linie dagegen (vordere Wurzel) motorisch sind, so daß jeder Rückenmarksnerv aus beiden Arten von Fasern zusammengesetzt ist. Die hinteren Wurzeln sind (meist sehr nahe der Stelle ihrer Vereinigung mit den vorderen) mit einer Anschwellung (Ganglion) versehen, welche durch die Einlagerung sehr zahlreicher Nervenkörperchen (Ganglienkörperchen) in die sensibeln Fasern entsteht.

Diese Wurzeln sind also die Stellen, an welchen die vorhin erwähnten Versuche über die motorischen und sensibeln Fasern anzustellen sind. Hier hat man Bündelchen der einen und der andern Art, jede für sich. Man kann hier z. B. auch alle motorischen (vorderen) Wurzeln durchschneiden, welche zu den Nerven eines Gliedes treten, und sich dann überzeugen, daß das Thier dasselbe nicht mehr bewegen kann, während die Empfindung noch vorhanden ist; oder man kann die Durchschneidung der hinteren Wurzeln vornehmen, wo dann nicht die Bewegung, wohl aber die Empfindung verloren ist.

Auf den ersten Blick könnte es nun scheinen, als sey die Funktion des Rückenmarks ganz ähnlich derjenigen eines Nervenstammes. Die Muskeln, welche vom Rückenmarke aus ihre

Nervenfasern erhalten, sind meist willkürlich erregbar; die Erregungen, welche durch sensible Fasern auf das Rückenmark geleitet werden, kommen in der Regel zum Bewußtseyn. Also

Fig. 317.



Hirn und Rückenmark im Zusammenhange nebst den davon entspringenden Nerven. Man sieht hier auch, wie sich Nerven in einiger Entfernung vom Rückenmarke zu Geflechten (*g*) oder stärkeren Stämmen (*k*) verbinden können, was jedoch für die Funktion der Nervenfasern bedeutungslos ist.



Fig. 316.

Theil des Rückenmarks von vorn mit den beiden Wurzeln eines Nerven: *b* Hintere Wurzel mit *c* einem Ganglion; *d* vordere Wurzel, aus einzelnen Bündelchen zusammentretend; der Nervenstamm zerfällt sogleich wieder in zwei Hauptäste *e*, *f*.

wäre vielleicht das Rückenmark nichts weiter, als die Zusammenfassung der Fasern aller dieser Nerven, so daß man sie alle als seine Aeste, das Mark selbst als einen mächtigen Nerven und nur das Gehirn als Centraltheil ansehen könnte? In der That hat sich in früherer Zeit eine solche Ansicht in der Wissenschaft behauptet; man sagte, das Rückenmark sey summus nervus corporis. Indessen wissen wir schon, daß das Rückenmark nicht bloß Fasern enthält, sondern auch Nervenkörperchen. Es läßt sich gegen die erwähnte Ansicht auch selbst schon die äußere Form des Rückenmarkes sehr wohl anführen, indem dasselbe keineswegs von der Stelle seines Zusammenhanges mit dem Hirne an, bis zu seinem Ende, in demselben Maaße abnimmt, als Nervenfasern von ihm abgehen, sondern selbst häufig merkliche Anschwellungen besitzt an Stellen, welche weit entfernt vom Hirne liegen, z. B. in der Lendengegend, wo die Nerven der hinteren Extremitäten aus denselben austreten.

Ein wichtiger Umstand, durch welchen sich das Rückenmark funktionell von einem bloßen Nervenstamme unterscheidet, und den Namen eines Centralorganes erwirbt, ist nun alsbald zu erkennen, wenn man seine Verbindung mit dem Gehirne aufhebt. Während jede Durchschneidung eines Nerven eine augenblickliche Erschlaffung aller Muskeln bewirkt, welche von ihm abhängen, so hat eine Trennung des Rückenmarkes vom Gehirne keineswegs diesen Erfolg in Beziehung auf alle die Rumpfmuskeln, welche ihre Nerven vom Rückenmarke erhalten. Dieselben bewahren noch eine gewisse Spannung, welche ihnen also von dem Rückenmarke aus selbstständig mitgetheilt werden kann. Noch deutlicher aber springt die Thätigkeit des Rückenmarkes hervor, wenn bei einem eben enthaupteten Thiere eine Stelle der Haut, welche Nerven vom Rückenmarke erhält, heftig gereizt, gekneipt, gebrannt wird. Es erfolgen darauf lebhafte, bald mehr, bald weniger ausgedehnte Bewegungen, welche sogar häufig in solcher Weise combinirt sind, daß sie den Umständen nach eine gewisse Zweckmäßigkeit besitzen, geeignet sind, den Körper der verletzenden Einwirkung zu entziehen oder dieselbe abzuwehren. Daß man hieraus nun nicht etwa sogleich schließen darf, es sey Bewußtsein im Rückenmarke, wird später klar werden, indem man bei einem solchen Verfahren genöthigt seyn würde, eine sehr große Spaltbarkeit des Bewußtseins anzunehmen. Was aber aus jenen Erscheinungen klar wird, ist, daß im Rückenmarke die sensibeln Fasern auf motorische zu wirken, ihre Erregung auf sie zu übertragen vermögen, was innerhalb eines bloßen

Nervenstammes, in welchem sensible und motorische Fasern zusammen liegen, nie geschieht. — Wir haben uns wohl vorzustellen, daß die größere Zartheit der Nervenfasern im Rückenmarke, die Einstreuung der Nervenkörperchen zwischen die Fasern, vielleicht auch noch unbekannte Verbindungen, die Ursache eines solchen Ueberganges der Erregung sind. Die Bewegungen, welche solchergestalt von einem Centralorgane ohne Mitwirkung des Bewußtseins vermittelt werden, nennen wir reflektirte Bewegungen.

Wir werden alsbald sehen, daß dieselben keineswegs bloß unter solchen künstlichen Bedingungen, in Folge einer Enthauptung u. dergl. eintreten, sondern sehr gewöhnliche normale Vorgänge im lebenden Thiere sind, daß viele Bewegungen in solchen Theilen, welche unserer Willkür nicht unterworfen sind, stets durch Reflex von Centraltheilen erfolgen, daß aber auch Theile, welche unserer Willkür gehorchen, oft unwillkürlich durch Reflex thätig sind. Es geht aber aus solchen Beobachtungen für die betreffenden Centraltheile, so auch, nach dem vorher Mitgetheilten, für das Rückenmark hervor, daß die Uebertragung der Erregung von den sensibeln auf die motorischen Nerven nach einem bestimmten Plan geschieht. Die Bewegungen sind nicht regellos. Wir denken sehr natürlich dabei sogleich an eine Mehrzahl von künstlichen Combinationen der Fasern in den Centraltheilen, durch welche es erreicht werden könnte, daß Reizung dieser Gruppe sensibler Fasern diese, Reizung jener sensibeln Fasern jene Gruppe motorischer in Thätigkeit setze und dadurch eine bestimmte Bewegung hervorrufe. Diese Fähigkeiten also hat das Rückenmark, und es müssen die Bedingungen dazu in demselben keineswegs an irgend einem bestimmten Orte concentrirt liegen; denn auch ein Theil eines Thiers mit dem zugehörigen Rückenmarke (man denke an einen in Stücke zerschnittenen Aal!) hat noch die Fähigkeit der Bewegungserregung in der Form des Reflexes. Es hat aber auch das Gehirn, außerdem daß es Organ der Seelenthätigkeit ist, dieselbe Fähigkeit der Reflexthätigkeit. Wenn z. B. ein mechanischer Reiz die Oberfläche des Auges trifft, so spannen sich, auch selbst wenn wir dem widerstreben wollen, die Schließmuskeln der Augenlider. Es rühren aber sowohl die sensibeln als die motorischen Fasern, welche hiebei in Betracht kommen, vom Gehirne her. Die Fähigkeit, Reflexbewegungen zu erregen, wird also bei dem Rückenmarke entschieden zu der Funktion hinzukommen, welche dasselbe als Vermittler zwischen seinen Nerven und dem Hirne besitzt.

Es ist aber auch zu bezweifeln, sowohl aus anatomischen wie aus physiologischen Motiven, ob das Rückenmark diese Funktion der Leitung zum Hirne ganz in dem Maaße wie ein Nervenstamm besitzt. Der Durchmesser des Rückenmarkes an der Stelle, wo es mit dem Hirne zusammentritt, scheint *) bei manchen Thieren die Annahme auszuschließen, als ob die Fasern sämmtlicher Rückenmarksnerven daselbst zusammengefaßt liegen könnten. Aber es gibt auch durchaus keinen physiologischen Grund für die Annahme einer so vollständigen Leitung zwischen Hirn und Rückenmark. Das ist besonders augenscheinlich in Beziehung auf die motorischen Fasern. Unser Willen besitzt die Herrschaft über Muskelgruppen, auch wohl über einige einzelne Muskeln; keineswegs aber vermögen wir jeden Muskel einzeln willkürlich zu spannen, noch weniger aber einzelne Theilchen eines solchen. Folglich ist nicht abzusehen, weßhalb jede einzelne motorische Faser zum Gehirne, dem Sitze des Bewußtseins und Wollens, gelangen sollte. Ebenso lassen sich, wie wir oben gesehen haben, die Erfahrungen über die Feinheit des Unterscheidungsvermögens in der menschlichen Haut sehr wohl mit der Annahme verknüpfen, daß weit weniger Nervenfasern die Eindrücke vom Rückenmarke an das Hirn, als von der Haut an das Rückenmark übertragen. Fügen wir

*) Ich habe nicht gewagt mich bestimmter über diesen Punkt auszusprechen, für dessen Erledigung Volkmann sich so schwierigen Messungen unterzogen hat; weil allerdings das Rückenmark bedeutend geringer im Querschnitte seyn müßte, als sämmtliche Nerven, die von ihm entspringen, auch wenn es aus allen Fasern derselben bestünde. Denn die Fasern sind im Rückenmark ja merklich feiner als in den Wurzeln.

hier noch bei, daß man im Rückenmarke auch die Quelle von Bewegungen gefunden hat, welche höchst wahrscheinlich dem Einflusse des Willens ganz entzogen sind (Lymphherzen bei Fröschen), so können wir nun zu einer Betrachtung der dem Gehirne eigenthümlichen Thätigkeiten übergehen, um dann später nur noch einmal auf die Beziehungen zurückzukommen, welche Hirn und Rückenmark gemeinsam zu einer andern Abtheilung des Nervensystems haben.

Das Gehirn können wir als eine vordere Anschwellung des Rückenmarkes betrachten. Es wird uns bei einer solchen Auffassung weniger paradox erscheinen, daß das Gehirn, bei niederen Wirbelthieren überhaupt weniger ausgebildet, einem einzigen derselben, dem schon oft erwähnten Branchiostoma lubricum, selbst ganz fehlt. Es ist aber diese vordere Anschwellung in Bau und Funktion von dem übrigen Rückenmarke entschieden ausgezeichnet. Auch die Entwicklungsgeschichte zeigt, daß das Gehirn, in der ersten Anlage dem Rückenmarke ähnlich, sich schon sehr früh davon wesentlich unterscheidet. Für das Verständniß seines Baues ist es jedoch ganz zweckmäßig, einige Züge aus seiner Entwicklung hier anzuführen. In einer frühen Zeit besteht es, mit sammt dem Rückenmarke, aus einer feinen Röhre, und ist dann zuerst nur dadurch ausgezeichnet, daß es im Allgemeinen etwas weiter und in mehrere (zuerst drei) auf einander folgende Abtheilungen, durch leichte Einschnürungen getrennt ist.

Die Metamorphose, durch welche aus dieser einfachen Form das so verwickelte Gehirn entsteht, sind, allgemein ausgedrückt, folgende:

Die einzelnen Abtheilungen vergrößern sich bedeutend, aber die verschiedenen in verschiedenem Maaße und mit bedeutenden Abweichungen dieser Maaße bei den verschiedenen Thieren;

es bilden sich an den drei ursprünglichen Abtheilungen noch Unterabtheilungen, durch welche ihre Form complicirter wird;

es bildet sich im vordern Theile des Gehirnes eine Einsenkung in der Mittellinie, wodurch die Abtheilung in die mehr oder weniger getrennten Hemisphären des großen Gehirnes entsteht;

an einigen Stellen in der obern Mittellinie bilden sich Durchbrechungen der obern Wand, durch welche also ein freier Zugang in die innere ursprüngliche Höhle stattfindet;

diese innere Höhle selbst wird aber durch die Verdickung der Wandungen relativ sehr reducirt, so daß diese verdickten Wände theilweise sich gegenseitig berühren, theils nur noch so viel Platz übrig lassen, daß einige Blutgefäßgeflechte darin liegen können. Zugleich wird die Form dieser Höhlen des Gehirnes (Ventrikel) auch dadurch verändert, daß die verschiedenen Theile des Gehirnes sich bei ihrem verschiedenen relativen Wachsthum oft bedeutend an einander verschieben, einander überlagern und so die in ihnen befindlichen Höhlen verzerren. Endlich ist zu erwähnen die Ausbildung der Gewebselemente in diesen Gehirnmassen, die Nervenkörperchen und Fasern. Die Faserungen setzen die verschiedenen Abtheilungen des Gehirnes auf manchfaltige Weise unter einander in Verbindung. —

Uebrigens ist die Entwicklung des Gehirnes im Verhältniß zu der Manchfaltigkeit von Formen, welche das Organ namentlich bei den Fischen zeigt, noch nicht hinlänglich untersucht — ein Unternehmen von den äußersten Schwierigkeiten —, um danach mit Genauigkeit die morphologische Verwandtschaft der verschiedenen Theile, welche es in allen diesen Formen zeigt, festsetzen zu können. Auch das physiologische Experiment, ebenfalls gerade hier eine unermeßliche Aufgabe, hat sich noch nicht darauf einlassen können, die Funktion der Theile in den verschiedenen Thierklassen zu vergleichen, und es ist somit hier die vergleichende Anatomie sehr im Rückstande. Bei den Fischen besteht das Gehirn aus mehreren Nervenmassen, welche der Hauptsache nach vor einander liegen, theils paarig, theils einfach sind, unter welchen man noch nicht mit Sicherheit das große Gehirn bestimmen kann (Fig. 320). Auch bei den Reptilien liegen die Abtheilungen nahe vor einander (Fig. 318), sind aber schon eher mit Sicherheit zu benennen, a. die Hemisphären des großen Gehirns, b. der sogenannte

Fig. 318.



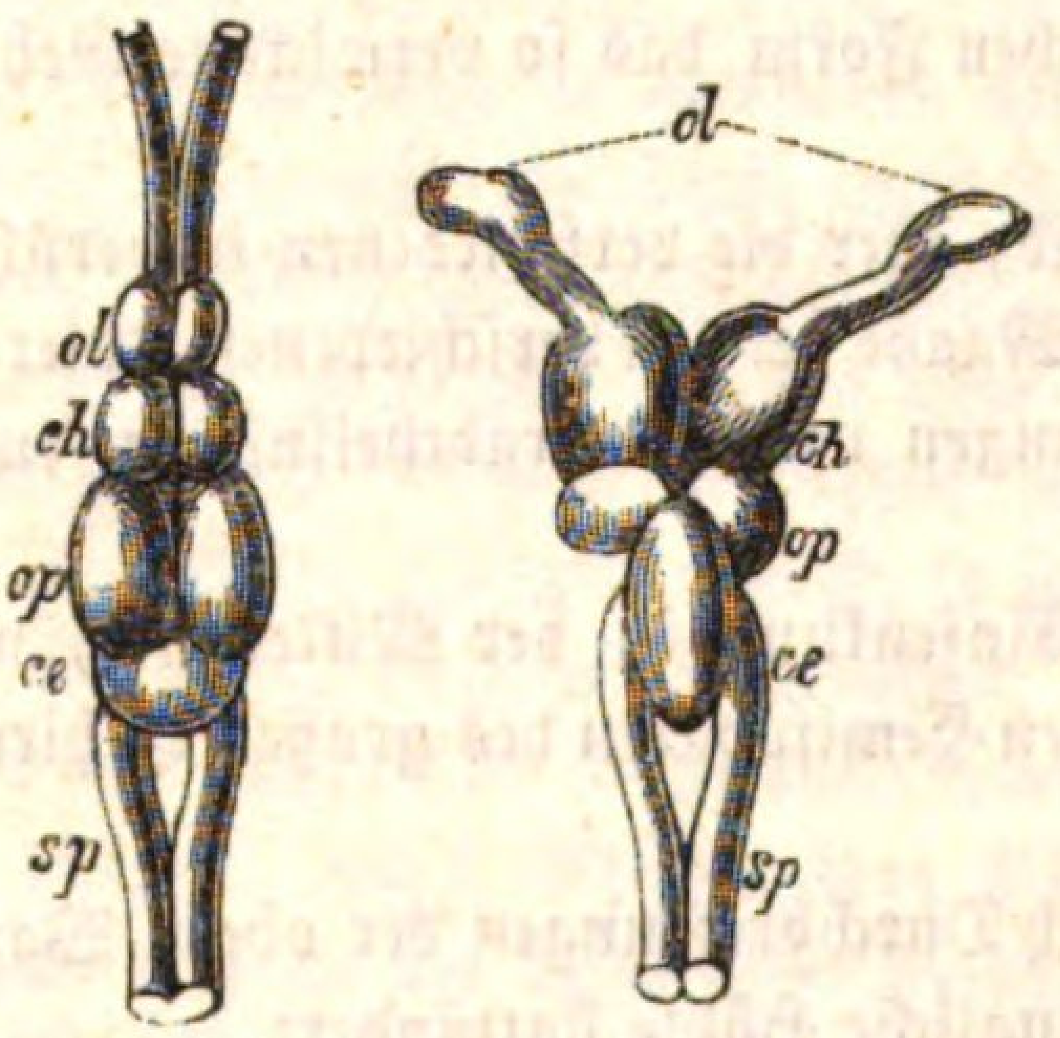
Fig. 319.



Vierhügeltheil, c. das kleine Gehirn, d. das verlängerte Mark. Bei den Vögeln ist das große Hirn (Fig. 319) schon bedeutend (a), die Vierhügel (b) auseinander geschoben, das kleine Hirn blätterig (c).

Von den verschiedenen Abtheilungen des Gehirns ist nun ohne Zweifel für die eigenthümliche Funktion desselben, als Organ der höheren Seelenthätigkeiten, das sog. große Gehirn die wichtigste. Dieses bildet sich aus der vordersten der drei so früh erscheinenden Abtheilungen des Gehirnes. Es entwickelt sich bei dem Menschen namentlich in solchem Maaße, daß es die beiden anderen Abtheilungen in der Ansicht von oben allmälig ganz verdeckt: die sogenannten hinteren Lappen des großen Gehirns wachsen über die beiden anderen Abschnitte ganz hinüber. Bei höheren Säugethieren findet sich das Verhältniß noch einigermaßen ähnlich, während bei den niederen Thieren allmälig erst die hintere, dann auch die mittlere Abtheilung des Gehirns (kleines oder Hinterhirn und Vierhügel oder Mittelhirn) frei zum Vorschein kommen, so daß das große Gehirn bei ihnen, wie in der ersten Anlage, so auch in der vollen Entwicklung nur vor den übrigen Hirntheilen liegt. Auch nach vorn, kann man sagen, wölbt sich das große Hirn bei den höheren Thieren über seine ursprüngliche Basis hinaus. Dieß wird aus Beispielen leicht deutlich werden. Wir sehen in der beistehenden Figur zwei Fischgehirne, von deren vorderen Enden die Riechnerven entspringen. Bei dem Hirne des Menschen und höherer Thiere (vgl. die Fig. 317) entspringen diese Nerven nicht vom vordern Ende des Gehirnes, sondern unterhalb desselben: die sogenannten vorderen Lappen des großen Hirnes sind weit über sie hinaus nach vorn gewachsen. Die physiologische Bedeutung des großen Gehirnes, welche schon hieraus hervorgeht, hat man noch sonst auf die manchfaltigste Weise zu begründen und näher zu erforschen gestrebt. Zu einer Betrachtung der Verhältnisse der Dimensionen des großen Gehirnes zu den übrigen Hirntheilen hat man Vergleichungen des ganzen Hirnes und seiner Theile mit der Größe (Gewicht) des Körpers, mit der Größe des Rückenmarkes, mit der Masse von Nerven, welche vom Gehirn ausgehen u. s. w. hinzugefügt. Man hat pathologische Beobachtungen und Experimente (Ausschneidungen oder Verwundungen von Hirntheilen) angestellt. Im Allgemeinen geht aus allen diesen Untersuchungen neben anderen Resultaten stets die Folgerung hervor, daß das große Gehirn Sitz der Intelligenz seyn müsse. Zwar findet dasselbe bei den Menschen sich nicht absolut größer als bei allen anderen Thieren (z. B. als das große Gehirn des Elephanten), es ist selbst bei einigen Thieren (namentlich Vögeln) im Verhältniß zum Körper größer als bei dem Menschen gefunden worden. Aber daraus darf nur geschlossen werden, daß die Größe des Gehirns, außer der Stufe des Intellektes, noch andere Bedingungen habe. Es liegt in dieser Hinsicht die Ueberlegung zur Hand, daß die Größe des Seelenorganes mit auf der Masse von Nervenfasern, sensibeln und motorischen, beruhen muß, welche in dasselbe eintreten. Je ausgedehnter und feinfühlender die empfindenden Flächen, je manchfaltiger die willkürlichen Bewegungen sind, um so größer muß natürlich die Masse dieser Nervenfasern seyn.

Fig. 320.



Hirn eines Kabliau. Hirn eines Haies.

sp Die sog medulla oblongata, der Theil, durch welchen Hirn und Rückenmark sich verbinden; ce kleines Gehirn; op und ch Vierhügel und großes Hirn; ol der sog. lobus olfactorius.

Die hinteren Abtheilungen des Gehirns, die Vierhügel, das Cerebellum, stehen offenbar mehr in unmittelbarer Beziehung zu den Empfindungs- und Bewegungsthätigkeiten. Man

hat nach Verletzungen verschiedener Theile Lähmungen, Krämpfe, eigenthümliche Abnormitäten der Bewegungen (z. B. stetes Kreisdrehen des verletzten Thieres), Schwäche und Unordnung der Bewegung u. s. w. gesehen. Wiewohl aber einige dieser Erfolge wirklich bei gleichem Verfahren mit ziemlicher Gleichmäßigkeit immer wieder einzutreten scheinen, geht doch aus der Zusammenstellung des bisher Ermittelten noch keineswegs irgend ein zusammenhängendes Bild der Hirnfunktionen hervor. Auch kann dieß, von vielen anderen Schwierigkeiten abgesehen, um so weniger der Fall seyn, als wir natürlich bei solchen Versuchen meist nur den Einfluß auf die Bewegungsthätigkeit wahrnehmen, ohne zu wissen, ob derselbe ein direkter oder vermittelter ist. Manche Abänderungen der Bewegung können somit auf eigenthümlichen Gefühlen beruhen, von welchen der Experimentator nichts gewahr werden kann. — Es bleibt über die anatomischen Verhältnisse zu erwähnen, daß von der Grundfläche des Gehirnes eine Mehrzahl von Nervenpaaren entspringt. Man zählt deren bei den höheren Thieren zwölf Paare, von welchen jedoch gewisse Wurzeln mehr vom eigentlichen Rückenmarke heraufsteigen, und nur insofern als Gehirnnerven erscheinen, als sie durch Löcher des Schädels heraustreten. Uebrigens entspringen die meisten Nervenpaare von dem hintern mittleren Theile der Hirnbasis, d. h. von dem Zwischentheile zwischen Hirn und Rückenmark, der sogenannten medulla oblongata; einige treten aber weiter nach vorn hervor. Namentlich sind die nervi optici und olfactorii als Nerven des großen Gehirnes zu bezeichnen; die olfactorii entspringen ja, wie wir gesehen haben, bei den niederen Gehirnformen selbst aus dem vordersten Ende dieses Organes.

Diese beiden Nervenpaare nebst dem Paare der Gehörnerven zeichnen sich vor den übrigen sensibeln Nerven dadurch aus, daß sie keine solche gangliöse Anschwellung besitzen, wie sie sonst den sensibeln Nerven oder Nervenwurzeln eigen sind — wenn man nicht die tubercula olfactoria hierher rechnen will.

Von den neun übrigen Hirnnervenpaaren sind einige wohl rein motorisch, die übrigen aber wahrscheinlich sämmtlich gemischt aus verschiedenen Fasern. Es überwiegen zwar mehrfach die sensibeln Fasern sehr, die Annahme aber, daß sie irgend einen dieser Nerven ganz allein bildeten, scheint gegenwärtig nicht zulässig. Zu diesen zwölf Nervenpaaren steht das Gehirn physiologisch in der doppelten Beziehung, daß es einerseits die unmittelbare Uebertragung der Erregung sensibler auf motorische Fasern bewirkt, die Reflexbewegung, wie sie für die vom Rückenmarke entspringenden Nervenfasern durch dieses vermittelt wird; anderseits ist es für die von ihnen selbst entspringenden Nerven dann auch in demselben Sinne Centralorgan, wie für die Rückenmarksnerven, es empfängt von den sensibeln Fasern Eindrücke, welche zum Bewußtsein gelangen, bewirkt durch die motorischen Fasern willkürliche Bewegungen. Da wir nun so gar wenig im Stande sind, aus dem anatomischen Baue dieser Centralorgane ein tiefer eindringendes Licht auf ihre Funktionen zu werfen, so kann unsere Aufgabe hier zunächst nur noch seyn, aus unseren mangelhaften Erkenntnissen über die Natur der Reflexbewegung einerseits und der willkürlichen Bewegung andererseits, wo möglich einige Aufklärung über die Thätigkeiten der Thiere, namentlich aber über die sogenannten instinktmäßigen Handlungen derselben zu schöpfen. Wie die Reflexbewegung ihrerseits entsteht, ist oben ausgesprochen worden. Die Erfahrung lehrt aber ferner, daß bei einer durch Rückenmark oder Gehirn vermittelten Reflexbewegung, die Erregung der sensibeln Faser, außerdem, daß sie auf die motorische überschlägt, auch zugleich zum Bewußtsein gelangen kann. Ein Schmerz oder Kitzel an irgend einem Theile des Körpers, z. B. an Finger- oder Zehenspitzen, Hand- oder Fußfläche, bewirkt ein unwillkürliches Zucken, während er zugleich zum Bewußtsein kommt. Ein ähnliches Beispiel führten wir schon an, in Beziehung auf die Schließung der Augenlider. Aehnliches gilt auch von den bekannten combinirten Akten des Niesens, Hustens; der Reiz gelangt zum Bewußtsein, aber das ist nicht die Ursache der Bewegung; diese tritt unwillkürlich, sie tritt selbst oft ganz gegen den Willen ein, wiewohl sie allerdings durch den Willen auch gesteigert, zuweilen unterdrückt, wohl immer gedämpft

werden kann, was besonders vom Husten gilt, welchen wir anderseits auch ganz willkürlich, ohne allen Reiz, bewirken können.

Eine verwandte Art der Bewirkung von Bewegungen ist es, wenn dieselben unwillkürlich in Folge eines Seelenzustandes in Bewegungswerkzeugen, welche sonst dem Willen unterworfen sind, eintreten. Dahin gehören namentlich die Muskelthätigkeiten, welche den physiognomischen Ausdruck bedingen. Wir nehmen dieselben am menschlichen Gesichte, am ganzen Körper wahr. Es ist bald Spannung, bald Erschlaffung von Muskeln, bald kraftvolle Bewegung (Zusammenbeißen der Zähne, Ballen der Fäuste, Stampfen auf den Boden), bald Zittern und Unsicherheit. Aehnliches sehen wir auch bei Thieren. Die Erregungen des Geschlechtstriebes, der Zorn, die Freude bewirken Anspannung sämmtlicher Muskeln, oder Zähnefletschen, oder Schwanzwedeln u. s. w.

Wollen wir nun von diesen verschiedenen unwillkürlichen, von der Vorstellung eines Zweckes also unabhängigen Bewegungen, einen Uebergang zu den willkürlichen suchen, so dürfen wir uns zunächst namentlich der ersten Bewegungen des neugeborenen Kindes erinnern. Diese sind und bleiben für eine längere Zeit, der Mehrzahl nach, bloße Bewegungen des physiognomischen Ausdruckes. Sehen wir von den zum Säugen und Schlucken gehörigen Bewegungen vorläufig ab, so erkennen wir außerdem zuerst nichts, was wir für mehr halten könnten, als eine unmittelbare Wirkung der Seelenstimmung auf die Muskelthätigkeit. Aus diesem Zustande heraus geschehen die ersten Schritte unter dem Einflusse bestimmter sinnlicher Wahrnehmungen. Indem ein einzelnes Objekt im Gesichtsfelde sich auszeichnet, indem an irgend einer Stelle der Haut ein vorherrschendes Gefühl erregt wird, nehmen die Bewegungen eine Richtung gegen diese Eindrücke, eine Richtung, welche immer bestimmter wird, zum Ergreifen von Objekten, Handhaben derselben u. s. w. führt.

In dieser Zeit treten dann offenbar auch deutlichere Vorstellungen von Zwecken auf und fördern die bestimmtere und manchfaltigere Ausbildung der Bewegung, der Herrschaft des Willens über die Bewegung. Die volle Entwicklung dieser Herrschaft aber wird erst spät, ja man kann, namentlich in Beziehung auf den Menschen, wohl sagen, niemals erlangt.

Die Ausbildung seiner Bewegungen, welche einem Menschen durch irgend einen besonderen Zweck wünschenswerth werden kann, muß stets erst besonders erworben werden, und nie wird man sagen können, daß eine solche erworbene Ausbildung oder Fertigkeit nicht noch gesteigert werden könne. Es ist somit dieser Kreis so wenig abzuschließen, wie der Kreis menschlicher Absichten und Wünsche. Was der Mensch erreichen kann, ist die Uebung, in mehr oder weniger zahlreichen Arten der Bewegung, d. h. Reihenfolgen der Wirkung von Muskeln oder Muskelgruppen. Namentlich eine bestimmte Geschwindigkeit solcher Reihenfolge erfordert oft eine bedeutende Uebung. Nie aber bringt es Jemand dahin, daß er alle Muskeln seines Körpers so in seiner Gewalt hat, um jede nach dem Mechanismus des Bewegungsapparates mögliche Bewegungsweise in bestimmter Geschwindigkeit auszuführen, sobald er nur will.

Die Uebung in Bewegungen nun, welche der zur Selbstbeobachtung völlig herangereifte Mensch an sich anstellen und überwachen kann, ist uns besonders in der Hinsicht wichtig, daß wir erkennen, es liege auch bei einer einmal eingelernten Bewegungsweise keineswegs jedes einzelne Glied der Reihenfolge so in unserer Gewalt, daß wir es beliebig in jedem Augenblicke hervorrufen könnten. Es tritt nur in der richtigen Reihenfolge mit Leichtigkeit ein. Der Klavierspieler, welcher in einer schwierigen Passage stecken bleibt, muß die ganze Stelle noch einmal beginnen. Ja es ist bekannt genug, daß selbst eine gewisse Selbstbeobachtung der Ausführung eingelernter Bewegungen hinderlich werden kann. Es liegt hienach nahe, daß zwischen dem bewußten Willensakte und der Erregung der motorischen Fasern, welche die Bewegung hervorrufen, noch ein Etwas, eine Organisation, eingeschaltet liegen muß, deren Wirkungsweise nicht unmittelbar zum Bewußtseyn gelangt. Der Geist will; er hat dabei eine Vorstellung von der Form seiner Glieder, von dem Objekte, welches erreicht werden

soll, dessen Eigenschaften, Entfernung u. s. w. Dagegen braucht er seine Muskeln, sein Skelet, seine Nervenfasern nicht zu kennen; seine Bewegung gelingt oder bildet sich aus, lediglich in Folge des Wollens und der Beobachtung über ihr äußeres Gelingen oder Mißlingen. Ist sie einmal eingeübt, so liegt sie gewissermaßen organisirt in seinen Nervencentraltheilen vor, und spielt sich, auf Anregung des Willens, ab. Auch daran wollen wir noch erinnern, um zu zeigen, wie viel zwischen dem bewußten Willensakte und dem beobachteten Erreichen eines Zweckes Unbewußtes mitten inne liegt, daß ja der Mensch, welcher eine Bewegungsweise nicht gerade nach bestimmten Vorschriften eingeübt hat, durch die ihm selbst eigene Uebung durchaus nicht in den Stand gesetzt ist, von dieser Bewegung Anderen Rechenschaft zu geben. Er kann dieselbe zeigen, aber nicht beschreiben. Um Letzteres zu erringen, muß er sie erst an sich selbst studiren. So war z. B. ein berühmter Chirurg, als er seine Operationsmethoden, die Reihenfolge von Bewegungen, z. B. bei einer Amputation, beschreiben wollte, genöthigt, sich dieselben erst vorzumachen, um sie zu wissen. —

Nach dieser Zusammenstellung von Reflexbewegung, physiognomischer und willkürlicher Bewegung wird es nun leichter seyn, die **instinktmäßigen Handlungen** an sie anzuknüpfen.

Diese sind in der Norm zweckmäßige Thätigkeiten, welche unter solchen Umständen und in solcher Weise ausgeführt werden, daß wir nicht annehmen können, daß das thätige Subjekt den Zusammenhang zwischen seinen Bedürfnissen und dem durch die Thätigkeit herbeizuführenden Effekte, in der Regel Abhülfe des Bedürfnisses, in seinem Bewußtseyn überschaue.

So wenig wir im Stande sind, das dunkle Seelenleben des Neugeborenen oder des Thieres uns klar zu machen, so mögen wir doch das wohl behaupten, daß bei manchen ihrer zweckmäßigen Thätigkeiten eine solche Vorstellung von dem Inhalte und Zwecke derselben nicht vorhanden sey. Wer die übrigen Fähigkeiten solcher Geschöpfe vergleicht, der wird wenig geneigt seyn, von Einsicht bei den instinktmäßigen Thätigkeiten zu sprechen. Namentlich aber vermag man dieß für den Fall nicht, daß diese Thätigkeiten zum ersten Male vollzogen werden. Das Saugen des neugeborenen Menschen oder Säugethieres, das Anlegen der Hände an die Brust der Mutter, das Stoßen mit der Schnauze gegen den Euter des Mutterthieres, die Thätigkeiten des Coitus bei Thieren — (z. B. das eigenthümliche Verfahren der Hunde), der Nestbau bei Vögeln und Insekten, das Wandern in bestimmten Richtungen in weite Ferne u. s. w., alles dieß sind zum Theil so verwickelte Thätigkeiten, die Zwecke derselben zum Theil so weit aussehend, daß erstere nicht aus der Einsicht der Geschöpfe herfließen, letztere nicht in ihrem Bewußtseyn enthalten seyn können.

So weit es sich nun um solche instinktmäßige Thätigkeiten handelt, welche sich in einer einfachen und auf ein ziemlich einfaches Objekt gerichteten Thätigkeit kund geben, dürfen wir vielleicht ihren ursächlichen Zusammenhang zunächst in Verbindung setzen mit dem Centrum der Bewegungsthätigkeiten. Wie wir so eben gesehen haben, daß in diesem durch Uebung eine Disposition zu gewissen Reihen von Bewegungen hervorgebracht werden kann, so ist es wohl auch nicht unvernünftig, sich dergleichen angeborene Dispositionen zu denken, um so weniger, als wir auch den physiognomischen Ausdruck und die Reflexbewegungen uns kaum anders, als in dieser Weise werden erläutern können. Wie die Reflexbewegung durch eine Reizung von Seiten sensibler Fasern, wie die mimischen Bewegungen durch einen Gemüthszustand, *) so werden die instinktmäßigen Bewegungen durch körperliche Gefühle von Bedürfnissen, durch Vorstellungen u. s. w. angeregt.

Welcher Art der Anstoß zu einer solchen Thätigkeit ist, wird man zwar in sehr vielen

*) Die mimischen Thätigkeiten sind überall den eigentlich instinktmäßigen besonders nahe verwandt. Auch selbst in Beziehung auf ihre Zweckmäßigkeit stehen sie jenen nicht so sehr fern, nur daß sie sich weniger rein auf die Zwecke des Individuums beziehen, als jene. Sie erfüllen Zwecke in dem Zusammenleben der lebenden Wesen, bilden eine Sprache, welche von anderen verstanden wird.

Fällen nicht sagen können. Für gewisse Thätigkeiten ist es offenbar Hunger, Geschlechtstrieb ꝛc. Man darf sich aber wohl auch vorstellen, daß eine wesentliche Grundlage mancher anstrengenden instinktmäßigen Thätigkeit mit beruht auf einem von wohlgenährten Muskelmassen ausgehenden Gefühle von Bewegungsdrang. Ein solcher, an starken Menschen, namentlich Kindern, sich oft, und nicht selten in unangenehmer Weise offenbarend, muß aber freilich durch den im Bewegungscentrum gleichsam vorgebildeten Plan erst zu der zweckmäßigen Thätigkeit werden. Nur wenige instinktmäßige Thätigkeiten sind indessen so einfacher Art, daß es nicht gewagt oder selbst unmöglich erschiene, sie lediglich für die durch einen einzigen Anstoß ablaufende Wirkung einer im Bewegungscentrum vorhandenen Disposition zu halten. Vielmehr werden wir annehmen müssen, daß eine jede zusammengesetzte Thätigkeit durch eine Reihe von Anstößen bewirkt wird. Indem ein Thier durch seinen Trieb in eine bestimmte Thätigkeit geräth, wird es eben durch diese wieder neuen Einwirkungen ausgesetzt, welche neue Bewegungen in's Leben rufen. Ein einfaches Beispiel genügt, um daran diese Auffassung zu erläutern. Wenn Hunde einen Knochen vergraben wollen, so besteht ihre Thätigkeit aus zwei Hauptakten, dem Wühlen und dem Wiederausfüllen des Loches. Die zum ersten Akte gehörigen Bewegungen werden unter der unmittelbaren Einwirkung des zu verscharrenden Objektes hervorgerufen. Ist die Grube gemacht, liegt die ausgescharrte lockere Erde neben derselben, so kann man dieß als einen zweiten Anstoß betrachten, welchem die zweite Bewegungsreihe folgt. Eine solche Zerlegung der instinktmäßigen Thätigkeiten in einzelne Akte scheint mir ihr Verständniß wesentlich zu erleichtern, soweit sie sehr verwickelter Art sind. In dem eben angeführten Beispiele wäre das vielleicht noch kaum nöthig. Ich muß namentlich bemerken, daß ich einen Hund, den ich auf meinem Zimmer hielt, zu wiederholten Malen dieselben Bewegungen im Zimmer habe ausführen sehen. Zuerst Kratzen, dann Hinlegen des Knochens, dann die unverkennbaren schaufelnden Bewegungen mit der Schnauze gegen den Knochen hin. Ein kleiner Teppich begünstigte diese Komödie in Etwas; wenigstens hatte das Thier in einem Falle den Knochen auf denselben nahe an den Rand gelegt und erreichte es, mit der Schnauze einen Zipfel des Teppichs halb über den Knochen zu schieben. Im Ganzen machte mir aber das Benehmen des Thieres den Eindruck einer völlig verstandlosen, erzwungenen Reihenfolge von automatischen Bewegungen. Diese Ansichten haben sich mir entwickelt unter dem Einflusse der Beobachtung an Thieren, der Selbstbeobachtung und des Nachdenkens über die verwandten Bewegungsweisen, und ich habe namentlich durch eigene Beobachtung an Thieren den Gewinn gehabt, zu lernen, daß es kaum in einem Zweige der Wissenschaft ein schlechteres Material gibt, als die zahlreichen Erzählungen über Instinkte und Geistesfähigkeiten *) von Thieren. Wie entstellt sind diese Relationen, von oft unzuverlässigem Thatbestande und unzureichender Angabe der Umstände abgesehen, fast durchaus durch Vorurtheil, Hineintragen menschlicher Motive u. s. w. Ich habe die Ueberzeugung erlangt, daß mindestens theilweise die instinktmäßigen Thätigkeiten auf die bezeichnete Weise erklärt werden können und müssen. Ob die Auffassung völlig ausreicht, mag fraglich bleiben. Von anderer Seite hat man von längerer Zeit her als Hauptgrund der instinktmäßigen Thätigkeiten eine mehr oder weniger dunkle Vorstellung von den zu bewirkenden Zwecken, den auszuführenden Handlungen, betrachtet. Wir wollen uns nicht an die confuse und unhaltbare Weise halten, in welcher diese Ansicht häufig aufgestellt worden ist. Wir glauben aber, daß man auch dann, wenn man diese Ansicht von angeborenen, den Bewegungsdrang

*) Als ein Beispiel eines gemeinen Vorurtheiles erwähne ich, daß man sehr häufig behauptet, der Hund erkenne den Gesichtsausdruck seines Herrn. Ich habe den Versuch gemacht und mich bei einem mir Jahre lang gehörenden intelligenten Hunde überzeugt, daß kein Wechsel meines Gesichtsausdruckes den geringsten Einfluß auf denselben ausübte, so lange der übrige Körper dabei in einer gleichgültigen Haltung blieb. Sobald aber irgend eine drohende Bewegung oder Haltung des Körpers oder drohende Stimme dazu kam, war es freilich etwas ganz Anderes; und diese wirkte auch ohne entsprechende Miene.

leitenden Vorstellungen, in vernünftiger Weise aufgefaßt, für nöthig halten sollte, man dennoch eine vorausbestimmte Disposition zu bestimmten Reihen von Bewegungen immer noch daneben zur Erklärung wird hinzuziehen müssen.

Schließlich noch die Bemerkung, daß natürlich eine Einwirkung der Erfahrung auf die Instinkte Statt haben kann; daß man bei einem Thiere, welches dieselben instinktmäßigen Bewegungen schon wiederholt ausübte, allerdings für möglich, in gewissem Grade für gewiß halten muß, daß es eine Vorstellung des Zweckes und der nöthigen Thätigkeit erlangt habe; ich möchte sagen: es überschaut eine längere Strecke seiner zusammenhängenden Thätigkeit auf ein Mal. Natürlich haben diese Verhältnisse aber mit der Erklärung der Instinkthandlungen, wo dieselben zum ersten Male, ungelernt und doch höchst vollendet auftreten, nichts zu thun. Dem gröbsten Irrthume aber überlassen sich Diejenigen, welche bei zweckmäßigen Instinkthandlungen von der Einsicht der Thiere sprechen. Ja in diesen Thätigkeiten ist nicht bloß Einsicht, sondern Weisheit — aber sie ist die des Schöpfers und nicht des Geschöpfes.

Wir dürfen die Bemerkungen über die Centraltheile des Nervensystems nicht beschließen, ohne auch von der Periodicität ihrer Zustände einige Worte zu sagen. Indessen betrifft diese auch den Theil des Nervensystems, von welchem wir bis jetzt noch nicht gehandelt haben, so daß wir zunächst diese Lücken ausfüllen müssen. Es finden sich im Körper der Wirbelthiere eine große Menge von Nerven, deren Fasern sich nicht, wie die der bisher besprochenen, von Hirn oder Rückenmark herleiten lassen, sondern in wesentlicher, anatomischer und physiologischer Abhängigkeit von anderen Centraltheilen stehen. Man benennt dieses System das sympathische Nervensystem, Ganglienнervensystem, Ernährungsnervensystem u. s. w. Wir wollen die wichtigsten Verhältnisse nennen, auf welchen es beruht, daß man in diesem Nervencomplex ein besonderes System anerkennt. Diese Darstellung muß nothwendig sogleich auch die physiologische Seite der Sache mit umfassen. Um dieselbe nicht allzu allgemein zu halten, werden wir freilich genöthigt seyn, uns besonders auf die Form zu beziehen, welche das sympathische System in den höheren Wirbelthieren annimmt, von welchen sich bei Fischen gewisse Abweichungen finden. Es gibt eine große Anzahl kleiner, vielgestaltiger Ganglien (Ganglienkörper enthaltende Theile) im Körper, deren Hauptansammlungen sich in den Rumpfhöhlen, in der Umgebung der großen Gefäße und der Wirbelsäule befinden. Diese Ganglien, bald dichter zusammengedrängt, bald mehr zerstreut, von den verschiedensten Größen, sind sämmtlich untereinander durch Nervenstämmchen verbunden, welche eine Hinwirkung der Zustände eines Theiles des Systemes auf andere ermöglichen, so daß man annehmen könnte, daß dieses System, physiologisch genommen, ebenso in sich zusammenhänge, wie die Hirnrückenmarksmasse, obwohl es dem Auge in mehr zerstreuter Form sich darstellt. Von diesen Ganglien gehen aber, außer den Strängen der gegenseitigen Verbindung, noch zweierlei andere aus: solche nämlich, welche auch zwischen diesem System und den Nerven der Hirnrückenmarksmasse an vielen Punkten Verbindungen herstellen, und solche, welche ebenso als Nerven des Gangliensystems zu betrachten sind, wie sich die Hirnrückenmarksnerven zu ihrem größern Centrum beziehen, d. h. also Nervenstämme, welche von diesen Ganglien ausgehend in irgend welchen Organen sich verzweigen.

Sprechen wir zuerst von diesen letzteren. Diese eigentlichen Nerven des sympathischen Systems lassen sich in die verschiedensten Theile des Körpers verfolgen. In ihrem Verlaufe folgen sie theils den Gefäßstämmen und begleiten diese in ihre Verzweigungen, so daß sie uns dadurch als Gefäßnerven erscheinen; theils sehen wir sie in die Drüsen, Eingeweide, Darmkanal, Herz u. s. w. eindringen; theils schließen sie sich auch Cerebrospinalnerven an und gehen in deren Scheiden der peripherischen Vertheilung entgegen. Da die Nervenfasern dieser Nerven sich in der Regel durch weit größere Feinheit von den Cerebrospinalnervenfasern unterscheiden und in ihrem Zusammenseyn eine mehr graue Färbung zeigen, während jene ein helles Weiß haben, so ist man sowohl mit dem Mikroskope im Stande, in den solchergestalt

gemischten Nerven den Antheil der sympathischen Fasern zu erkennen, als man sie auch selbst mit bloßem Auge noch streckenweise an manchen Cerebrospinalnerven als graue Streifen erkennt. So weiß man, daß sie namentlich mit den sensibeln Fasern in großer Anzahl in die Haut sich verbreiten.

Die Blutgefäße, die äußere Haut, der Darmkanal, das Herz u. s. w. bieten uns sämmtlich die Erscheinungen von Contractionen, welche nicht von unserm Willen abhängen. Dieselben treten entweder in stets regem und gleichmäßigem Wechsel auf, wie die des Herzens, oder auf besondere Veranlassungen. So die des Darmkanals durch den Speiseinhalt; die der Haut, der Blutgefäße durch Kälte und andere Einwirkungen. Diese Zusammenziehungen sind aber nicht bloß vom Willen unabhängig, sie können sich auch eine Zeitlang fortsetzen, wenn aller Zusammenhang mit dem Hirnrückenmarkssystem aufgehoben ist. Das ausgeschnittene Herz pulsirt noch, der ausgeschnittene Darmkanal setzt noch seine Thätigkeit eine Zeit lang fort. Es liegt daher nahe, anzunehmen, daß eben jene Ganglien Centralorgane für die Bewegung dieser Theile sind. Denn ohne Centralorgane sind so geordnete Bewegungen kaum denkbar; sie unterscheiden sich deutlich von einfachen ungeordneten Zuckungen, wie man sie an ausgeschnittenen Theilen anderer Muskeln beobachtet. Diese Ansicht hat in neuerer Zeit immer mehr an Festigkeit gewonnen, die Gegengründe haben sich verloren. Man weiß jetzt z. B., daß wirklich auch im Fleische des Herzens selbst kleine Ganglien liegen und daß, wenn man das frische ausgeschnittene Herz in Stücke schneidet, diejenigen Theile noch rhythmisch pulsiren, welche diese Ganglien enthalten, während andere (z. B. die Herzspitze) alsbald still stehen.

Sehr instructiv ist auch der Darmkanal für die Thätigkeit des sympathischen Nervensystems. Wir können Hirn und Rückenmark zerstören oder entfernen, der Darm des eben getödteten Thieres zeigt, namentlich wenn man die Luft zutreten läßt, seine regelmäßigen wurmförmigen Bewegungen, welche, von einer Stelle beginnend, am Darm hinlaufen. Schneiden wir den Darm aus, so dauern die Bewegungen gleichwohl fort, und zwar um so umfänglicher und zusammenhängender, je mehr von dem Mesenterium am Darme geblieben ist. — Die Anatomie lehrt uns nun, daß von den größeren Ganglien aus, welche an der Rückenwand des Leibes liegen, die grauen Nerven in das Mesenterium eintreten und gegen den Darm verlaufen; daß sie aber auch unterwegs und namentlich in der Darmwandung selbst, noch durch kleinere Ganglien hindurchtreten, ehe sie sich in der Muskelfaser des Darmes verzweigen. Wir haben hier also eine Gelegenheit, uns ein ganz einfaches Bild von der Funktion dieses Nervensystems zu machen. Reize (normal der Speiseinhalt) wirken auf Nervenfasern am Darme und diese rufen nach den Gesetzen der Reflexwirkung, welche wir schon in Beziehung auf Hirnrückenmark erkannt haben, durch Erregung von Centraltheilen (hier Ganglien) zweckmäßig combinirte unwillkürliche Bewegung hervor. Die nahe liegenden kleinen Ganglien können die normale Combination nur für kleine Darmstrecken bewirken, da nur eine geringe Anzahl von Nervenfasern von ihnen ausgehen. Die ferneren und größeren beherrschen dagegen größere Darmstrecken. Vermöge der manchfaltigen Verbindungen der Ganglien unter einander, können aber auch durch bestimmte Zustände eines Theiles des Körpers Wirkungen in entlegenen Theilen des sympathischen Nervensystems entstehen; die Verdauungswerkzeuge, die Athmungsorgane, die Haut, die Blutgefäße können durch dieses aufeinander einwirken und sich gegenseitig in Harmonie der Thätigkeit erhalten. So einfach diese Grundzüge der Physiologie des sympathischen Nervensystems sind, so enthält die Funktionsweise desselben doch auch manches Dunkel und namentlich seine Beziehungen zum Hirnrückenmarkssysteme sind, sowohl anatomisch als physiologisch, mehr zweifelhafter Art. Wir kennen, wie oben bemerkt wurde, manche Zusammenhänge zwischen den beiden Systemen. Ein Theil derselben ist nun wohl ganz einfach der Art, daß Nerven beider Systeme zu einem Stamme zusammentreten, von welchem aus ihre Fasern zur peripherischen Verbreitung gehen. An solchen Vereinigungsstellen finden sich sehr häufig Ganglien, deren besondere Bedeutung (wenn sie eine solche haben sollten) nicht klar ist.

Außerdem aber treten zahlreiche, theils feinere, theils stärkere Aeste aus dem System der Ganglien hervor, verbinden sich mit Hirnrückenmarksnerven oft sehr nahe bei deren Ursprung und es scheinen die Fasern dieser Verbindungsstränge an den Nervenstämmen hin gegen deren Ursprung zu laufen, also in das Hirnrückenmarksorgan einzudringen.

Diese Fasern also laufen wieder zwischen zweierlei Centraltheilen, so daß unser eben gebrauchter Ausdruck: sie laufen von den Ganglien zum Hirnrückenmark, ebensowohl umgekehrt werden könnte.

In der That hat man sehr gewöhnlich den entgegengesetzten Ausdruck gewählt: diese Fasern als solche auffassend, welche vom Rückenmarke u. s. w. in das Gangliensystem eintreten. Aber dieß hängt von der Geschichte der Erkenntnisse des Nervensystems ab und hat gegenwärtig keine besondere Berechtigung mehr. Man erkannte eine Zeit hindurch, aus Nichtbeachtung und Nichtkenntniß mancher Thatsachen, die besprochenen Ganglien gar nicht in ihrer Eigenschaft als Centraltheile an und es stand damit in genauer Verbindung, daß man annahm, die Fasern, welche zwischen ihnen und dem Hirnrückenmark verlaufen, seyen eben die Wurzeln des ganzen Systems, und alle Fasern, welche aus den Ganglien in die Gedärme, das Herz, die Haut u. s. w. eindringen, seyen in der That nur die Fortsetzung jener, seyen bloß durch Ganglien hindurch gegangene Hirnrückenmarksnervenfasern. Diese Auffassung ist aber unhaltbar, da man selbst durch Zählung nachgewiesen hat, daß jene Verbindungsstränge der Fasern gar nicht so viele enthalten, als nach dieser Annahme nöthig seyn würde, d. h. so viele, als aus den Ganglien des sympathischen Systems sich an die verschiedenen Organe des Körpers vertheilen. Es liegt aber auch in den physiologischen Thatsachen durchaus kein Bedürfniß einer solchen Vorstellungsweise. Was können also jene Verbindungsstränge seyn? Wir wissen, daß die Zustände der Gedärme u. s. w. in der Regel nicht in der Weise zum Bewußtseyn gelangen, wie die wechselnden Zustände der Haut. Aber dennoch wirken dieselben auf unsere Stimmung bedeutend ein, wie ein Jeder weiß. Auf der andern Seite hat unser Willen keine Macht über diese Organe, aber unsere Gemüthszustände sind für den Schlag des Herzens, für die Zustände der Gefäße (Erröthen, Erblassen u. s. w.), für die Thätigkeit des Darmkanals nicht gleichgültig.

Diese gegenseitigen Einwirkungen der beiden Centralorgane müssen nothwendig durch jene Verbindungsfasern vermittelt seyn. Außerdem ist es, bei der immerhin großen Menge von Verbindungsfasern zwischen cerebrospinalem und vegetativem Nervensystem, sehr annehmbar, daß auch die Zustände einer Gegend des letztern vermittelst des Hirnes und Rückenmarkes auf andere Abtheilungen des vegetativen Systems einzuwirken im Stande sind, so daß Hirn und Rückenmark allerdings auch für diese Nerven ein Centrum, nur ein entfernteres, nicht bei jeder kleinen Regung betheiligtes bilden.

Diese Annahme erscheint nothwendig, wenn wir sehen, daß bei manchen niederen Wirbelthieren (namentlich unter den Fischen) der Zusammenhang der Ganglien des vegetativen Systems unter sich mehr und mehr schwindet, so daß eine Verbindung derselben untereinander selbst nur noch durch die Verknüpfung aller mit Hirn und Rückenmark besteht. Aber freilich haben wir hiemit höchstens einen Grundzug zur Erklärung der Verhältnisse zwischen Hirnrückenmark und Ganglien angedeutet. Selbst die wichtigsten anatomischen Verhältnisse haben wir noch nicht vollständig angegeben, so lange wir nicht gesagt haben, daß unter den Fasern, welche zwischen Hirnrückenmark und Ganglien verlaufen, außer den feinen, in einer Gesammtheit grau erscheinenden, auch hie und da bedeutende Mengen von den gewöhnlichen Fasern der Hirnrückenmarksnerven sich zeigen.*) Es ist wohl anzunehmen, daß diese auch eine

*) Ueber den ganzen Umfang des Nutzens und der Folgerungen, welche aus den Verschiedenheiten des Kalibers der Nervenfasern zu ziehen sind, ist hier natürlich nicht der Ort, ausführlich zu sprechen. Daß aber, wie im Texte geschieht, diese Verschiedenheit unter vielen Umständen als Anhaltspunkt gebraucht werden kann, wird man ja wohl nicht in Zweifel stellen.

Eigenthümlichkeit der Funktion haben werden, und wir wollen, als Funktionen, welche einer Erläuterung bedürfen, hier namentlich noch ausführen:

In Beziehung auf Sensibilität: daß die Organe, deren Zustände wir in der Norm nicht fühlen, bei längeren Leiden sich doch durch große Schmerzen geltend machen können.

In Beziehung auf Bewegung: daß die Nervenfasern, welche vom Hirnrückenmarke aus in gewisse unwillkürlich bewegliche Theile treten, einen ganz eigenthümlichen, unter Umständen einen entschieden lähmenden Einfluß ausüben. Von einem Hirnnervenpaare, den beiden Nervi vagi, treten viele Fasern in die sympathischen Geflechte ein, welche Fasern in das Herz senden. Diese beiden Nerven haben nun den merkwürdigen Einfluß, daß eine gleichzeitige Reizung beider einen plötzlichen Stillstand des Herzens bewirkt. Sehr bemerkenswerth sind auch die entgegengesetzten Wirkungen von Erregungen des sympathischen Systems einerseits und des vom Gehirn entspringenden nervus oculomotorius andererseits auf die Regenbogenhaut des Auges, welche von beiden Seiten her Nerven empfängt. Von diesen räthselhaften Verhältnissen, deren ausführlichere Besprechung, da sie bis jetzt nicht zur Erkenntniß sicherer allgemeiner Gesetze führt, hier nicht unsere Aufgabe seyn kann, abgesehen, erblicken wir nach dem Obigen in dem vegetativen Nervensysteme einen Apparat, welcher ohne Wissen und Willen des Menschen oder Thieres eine Menge von Thätigkeiten innerhalb des Körpers in gegenseitige Abhängigkeit versetzt, in Ordnung hält. — Ueber diesen allgemeinen Satz und über die einzelnen isolirteren Fällen solcher Wirkungen, wie wir sie u. a. am Herzen und Darm kennen, wagen wir hier nicht hinauszugehen. Nur die Frage wollen wir uns hier noch ausdrücklich vorlegen, auf welche wir implicite schon im Vorigen eine Antwort gegeben haben: welche nähere Vorstellung wir uns wohl von der Art der Erregung dieses Nervensystems und von den Wirkungen machen können, welche es unmittelbar hervorruft?

Zuerst von dieser letzteren Seite der Frage, da ihre Beantwortung zum Theil unmittelbar vorliegt, und schon gegeben ist: wir haben gesehen, daß die sog. vegetativen Nerven unzweifelhaft Bewegungen zu bewirken im Stande sind. Es steht also ein Theil dieser Fasern in ähnlichen Verhältnissen zur contractilen Faser, wie die motorischen Cerebrospinalnervenfasern. Außerdem können wir annehmen, daß Fasern des vegetativen Nervensystems, indem sie mit dem Cerebrospinalsysteme in Verbindung stehen, auch auf dieses einwirken. Durch Sicherung dieser Punkte nimmt unsere Frage die veränderte Gestalt an: ob die eben genannten Wirkungen die einzigen aus dem vegetativen Systeme hervortretenden seyen?

Wir haben hier einen bedeutenden Umschwung der Ansichten zu bezeichnen. Wir belegten das fragliche Nervensystem mit dem Namen des vegetativen. Es ist darin ausgedrückt, daß es vorzugsweise wesentliche Einwirkungen auf die Lebensvorgänge habe, welche wir unter dem Namen der vegetativen begreifen. Diesen unläugbaren Einfluß hat man sich nun zu verschiedenen Zeiten in sehr verschiedener Weise vorgestellt. Um diese Vorstellungsweisen kurz andeuten zu können, müssen wir zusammenfassen, was in dem Begriffe des vegetativen Lebens enthalten ist: 1) chemische Umwandlung von verschiedener Art: Verdauung, Blutbildung, Zersetzung in Blut und Ernährungsflüssigkeit. 2) Bewegung des Flüssigen: a. in offenen Bahnen, Bewegung der Speisemassen im Darme, Bewegung von Blut und Lymphe, Bewegung mancher ausgeschiedener Flüssigkeiten; b. Bewegung des Flüssigen durch die feste Substanz: bei der Aufsaugung, Ernährung, Ausscheidung. 3) Die Erscheinungen der Festbildung selbst. Die Erfahrung lehrt nun, daß diese Vorgänge, so weit sie sich unmittelbar wahrnehmen oder auch indirekt erschließen lassen, in bedeutendem Maaße unter dem Einflusse des Nervensystems stehen. Die Verdauung, die Blutbewegung, die Ernährung, die Ausscheidungen verrathen einen solchen Einfluß sehr deutlich, und es wird vielfach offenbar, daß derselbe nicht direkt durch Cerebrospinalnervenfasern, sondern durch die dem vegetativen System angehörigen vermittelt wird. Dieß geht namentlich auch aus der oben angegebenen Verbreitungsweise des vegetativen Systems hervor: Wenn wir die Blutvertheilung sich

ändern sehen, wenn z. B. eine Hautstelle roth oder bleich wird, wenn plötzlich ein Schweiß (z. B. durch Angst veranlaßt) ausbricht u. dgl., so mag der erste Anstoß dazu immerhin von Seiten des Gehirns gegeben seyn, es muß derselbe doch vermittelst der vegetativen Fasern sich äußern; nur diese finden sich an den Gefäßen, und wenn die Haut auch viele Cerebrospinalfasern enthält, so haben wir doch guten Grund anzunehmen, daß diese direkt nichts mit ihren Blutgefäßen, Schweißdrüsen u. s. w., sondern nur mit der Sensibilität der Haut zu thun haben.

Der Einfluß des vegetativen Systems hat außerdem auch dadurch nachgewiesen werden können, daß man bestimmte Stränge desselben zerstörte und die Wirkung dieses Verfahrens auf die Organe untersuchte. So tritt z. B. eine bedeutende Umänderung der Nerventhätigkeit ein, sobald man die mit den Blutgefäßen zur Niere tretenden Nerven zerquetscht. Lange Zeit hat man nun geglaubt, diese verschiedenartigen Processe immer direkt von den Nerven herleiten zu müssen; eine Hypothese, welche also, im weitesten Umfange ausgebildet, sagen müßte: die Nervenfaser bewirkt hier die Bewegung des Flüssigen, dort eine chemische Umsetzung, da den Austritt der Harnstoffe aus dem Blute, anderwärts die Neubildung von Gewebtheilen u. s. w. Man hat dieß mehr oder weniger weit getrieben, je nach den besonderen, zum Theil kaum wissenschaftlich zu nennenden, Zuneigungen. Mehrere Umstände sind aber besonders schwer gegen diese Auffassungsweise ins Gewicht gefallen: die Entdeckung der thierischen Zelle, die erweiterte Kenntniß des chemischen Processes im thierischen Körper, die genauere Kunde von der Verbreitung des contractilen Gewebes, also: Chemie und Mikoskrop. Die Kenntniß der thierischen Zelle hat hier in mehrerer Hinsicht Einfluß. Zunächst sehen wir, daß ihre Lebenserscheinungen so wesentliche Aehnlichkeiten mit denen der pflanzlichen Zelle zeigen, daß wir einen Nerveneinfluß nicht für nöthig halten können, um solche Vorgänge zu bewirken: die Zelle ernährt sich selbst, sie bedarf dazu eines entsprechenden Materials, der Wärme u. s. w., aber keiner Nerven.

Außerdem finden wir, daß gewisse Erscheinungen, welche früher einer besondern Erklärung zu bedürfen schienen, in dem Begriffe des Zellenlebens, der Zellenumbildung enthalten sind: so gewisse Sekretionen, welche wesentlich ein Freiwerden von Zelleninhalt sind, wie die Samenbildung, oder doch mit einem plastischen Processe verlaufen, welcher, wenn nicht als Zellenbildung, so doch als Anfang derselben auftritt, wie es z. B. häufig in den Magendrüsen der Fall ist.

Die Kenntniß der chemischen Beschaffenheit der organischen Substanzen und des chemischen Processes im Organismus hat zunächst die Vorstellung mehr und mehr festgestellt, daß es sich hier um ganz wirkliche, eigentliche chemische Verbindungen und Vorgänge handle, nicht um Elemente, welche wider ihren Willen durch eine sog. Lebenskraft oder dergleichen zusammengehalten werden. So ist die Aussicht näher gerückt, zum Theil verwirklicht, eine strengere wissenschaftliche Behandlung dieses Gegenstandes eintreten zu lassen. An eine solche begibt man sich aber natürlich zunächst mit der Voraussetzung, daß die Agentien, welche den chemischen Proceß im Körper modificiren, dieselben sind, welche auch außerhalb des lebenden Körpers einen Einfluß auf ihn ausüben. Man wird also natürlich strenger gegen die Annahme eines Nerveneinflusses, welcher früher, als Vermittler der Lebenskraft, nichts Auffallendes hatte; wie denn diese nebelhafte Hypothese von der Lebenskraft überhaupt ein Vehikel bildete für viele wissenschaftliche Schwachheiten, welche einer gesunden wissenschaftlichen Methode durchaus widerstreben.

Ist so einmal das Reich des **unmittelbaren** Nerveneinflusses theils beschränkt, theils zweifelhaft geworden, so versteht es sich, daß man sich nach einer **Vermittlung** umsehen muß, da der Einfluß selbst gar nicht in Abrede zu stellen ist. Nun ist eine Wirkung der vegetativen Nervenfaser, wie wir wissen, unläugbar: die Wirkung auf contractile Fasern. Diese finden sich nach neueren Untersuchungen in großer Ausdehnung in den Gefäßen, der Haut, den verschiedensten Drüsen. Es versteht sich von selbst, daß diese contractilen Fasern mit der

Funktion der Organe etwas zu thun haben muß. Was kann das seyn? — Wir begnügen uns, ganz im Allgemeinen gehalten, zu sagen: der Zustand der contractilen Faser an Blutgefäßen und anderen Röhren mit Flüssigkeit hat unmittelbaren Einfluß auf die Weite solcher Röhren, auf die Quantität des in ihnen Enthaltenen und auf die Bewegung des Inhaltes.

Dieß sind nun ohne Zweifel sehr mächtige Factoren für alle die Processe des vegetativen Lebens. Ob die Blutgefäße eines Theiles ausgedehnt oder eng, schlaff oder straff sind, ob die Blutbewegung darin rasch oder langsam geschieht, das sind Umstände, deren Folgen bis jetzt zwar nicht genau angegeben werden können, ohne Zweifel aber einen sehr weiten Umfang haben werden. Es ist dabei zu berücksichtigen, daß man zwar keinen Grund hat, eine Contractilität der feinsten Capillargefäße anzunehmen, daß aber die Erweiterung oder Abspannung derselben, der Druck und die Geschwindigkeit des Blutes in ihnen durch die Spannung der allerdings contractilen nächsten zu- und abführenden Gefäßchen bedingt sind. Durch diese Veränderungen an den Blutgefäßen selbst und ähnliche an den Drüsenkanälen mag sich also dereinst vielleicht der ganze Einfluß des Nervensystems auf die Ernährung u. s. w. erklären. Jedenfalls ist dieß für den Augenblick der einzige einigermaßen solide Anhaltspunkt.*) Wodurch wird dieses Nervensystem in Thätigkeit gesetzt? Bei dem cerebrospinalen Systeme haben wir Einwirkungen kennen gelernt, welche, durch gewisse sensible Fasern geleitet, in den Centraltheilen des Systems entweder Reflexbewegung oder Empfindung oder beides zugleich erregten. Es wird das Einfachste seyn, und ist in mehrerer Hinsicht berechtigt, daß man im vegetativen Nervensysteme Aehnliches, d. h. Reflexbewegung durch Ganglien und zweierlei Fasern vermittelt, als Regel sich vorstellt: der Darm wird von seinem Inhalte erregt, die Erregung wird auf Ganglien übertragen und wirkt von da zurück auf die contractile Faser; so entsteht eine geregelte Bewegung, ein motus peristalticus. In ähnlicher Weise können nun aber, bei der vielfältigen Verbindung sämmtlicher Ganglien untereinander, die verschiedensten Theile des Körpers aufeinander einwirken, Erregung an einer Stelle kann durch ein Ganglion auf eine andere beliebig entfernte Stelle hin wirken und daselbst die contractile Faser bestimmen.

Für die Richtigkeit dieser Auffassung spricht Verschiedenes, was schon im bisher Gesagten enthalten ist. Daß der Darm durch seinen Inhalt zur Contraction gereizt wird, könnte man sich, wenn es allein stände, auch dadurch erklären wollen, daß durch den Darminhalt unmittelbar die motorischen Fasern des vegetativen Systems, welche in der Darmwand enthalten sind, erregt würden und so Bewegung veranlaßten. Wir wissen aber schon, wie die Ganglien zu diesen Bewegungen, wenn sie den Charakter des regelmäßigen Fortschreitens haben sollen, erforderlich sind. Es ist also auch hier wie bei dem Cerebrospinalsystem nothwendig eine Hin- und Rückwirkung vorhanden. Ob nun aber die Fasern, welche die Erregung auf die Ganglien übertragen, und die Fasern, welche sie von diesen auf die contractile Faser verpflanzen, dieselben, oder ob es, wie im Cerebrospinalsysteme, verschiedene sind, darüber wollen wir nicht entscheiden. Einen solchen Anhaltspunkt, wie ihn das Cerebrospinalsystem in dieser Hinsicht darbietet, haben wir hier nicht. Indessen sprechen doch gewisse Umstände für die Durchführung der Analogie. Namentlich hat man beobachtet, daß am aufgeschnittenen noch beweglichen Darme der leiseste Kitzel der Innenfläche Bewegung erregt. Das deutet allerdings dahin, daß hier unmittelbar unter dem Epithelium der Schleimhaut Nervenfasern sich verbreiten, welche zur nächsten Aufnahme des Reizes bestimmt sind. Ebenso hat man die Innenfläche des Herzens ganz besonders reizbar gefunden. Uebrigens scheint es, und dafür sprechen namentlich die steten rhythmischen Contractionen des Herzens, als ob wenigstens gewisse Ganglien nicht immer von Neuem zur Thätigkeit erregt zu werden brauchten, sondern mit einer gewissen Spontaneität thätig zu seyn vermögen. Man möchte sich leicht denken, daß das Herz immer durch das eintretende Blut zur Zusammenziehung erregt werde, und wir zweifeln nicht, daß das Blut dazu beiträgt, die Bewegung hervorzurufen; aber auch das

*) Auch hier jedoch müssen wir nochmals auf die Note auf S. 193 zurückweisen.

blutleere Herz pulsirt noch. Man hat wohl gemeint, es sey im letzteren Falle die aus- und eintretende Luft, welche den Reiz bewirkte; und wir zweifeln auch daran nicht, daß diese von Wirkung sey; es ist bewiesen, daß verschiedene Gasarten die Pulsation des ausgeschnittenen Herzens abändern. Auch wollte neuerdings wieder ein berühmter Physiolog gefunden haben, daß im luftleeren Raume die Schläge des Herzens aufhören. Ich habe das allerdings auch gesehen, aber zugleich bemerkt, daß der Effekt (bei einer Reduktion des Luftdruckes auf 1 Centimeter) ausbleibt, wenn man das Herz auf einer warmen Unterlage (auf einem Uhrgläschen, welches auf warmem Sande ruht) unter die Luftpumpenglocke bringt. Die Herzganglien verhalten sich also jedenfalls anders, als andere Nervenknoten, welche ja keineswegs bloß unter dem Einflusse einer mäßigen Wärme eine stete Thätigkeit zeigen.

Jedenfalls bleibt aber auch dem Herzen seine Bestimmbarkeit. Je nach den Einwirkungen von anderen Theilen des Gangliensystemes aus wird sich die Kraft und der Rhythmus seiner Thätigkeit verändern können.

Mögen nun aber die gegenseitigen Einwirkungen entfernterer Theile des vegetativen Nervensystems auf einander durch besondere Verbindungsstränge, oder mögen sie durch Hirn und Rückenmark vermittelt seyn, in beiden Fällen werden wir nun auf den ausgesprochenen Satz zurückkommen können: daß durch die vegetativen Nerven und ihre Ganglien ohne Zweifel eine zweckmäßige Abhängigkeit verschiedener Processe von einander bedingt werde. Wir wollen dabei jedoch nicht verkennen, daß ein bedeutender Theil dieser zweckmäßigen Abhängigkeit auch schon auf andere Weise wird vermittelt werden können. Wenn z. B. durch starke Thätigkeit der Muskeln die Bildung der Zersetzungsprodukte steigt, so wird die Thätigkeit der Nieren auch schon deßhalb steigen müssen, weil das Blut mehr Zersetzungsprodukte enthält. Und so mag manchfach das Blut das verknüpfende Band der Modificationen in verschiedenen Funktionen seyn. Aber das kann nicht immer der Fall seyn. Die harmonische Thätigkeit z. B. der weiblichen Milchdrüsen und der Geschlechtstheile mag ein Beispiel geben, welches sich aus der Beschaffenheit des Blutes keineswegs erklären läßt. Wir erkennen also in der Funktion des vegetativen Nervensystems eine Thätigkeitsweise, welche gleichsam noch eine Stufe unter den Instinkt hinabgestiegen ist. Während bei diesem immer die sinnliche Wahrnehmung sowohl, als die willkürliche Thätigkeit ihre Rolle spielen und nur ein gewisser Zwang sich darin offenbart, daß das Thier Handlungen begeht, mit denen es doch die Vorstellung des eigentlichen Zweckes ursprünglich nicht verbinden kann, so ist im Reiche des sympathischen Systemes sowohl Einwirkung (Reiz) als Rückwirkung sehr gewöhnlich wie durch einen Schleier von dem Sitze des Bewußtseyns abgeschieden.

In dem Ganzen des Nervensystemes müssen wir nun auch einen Hauptgrund der oben schon erwähnten Periodicität der Erscheinungen des thierischen Lebens suchen. Wie freilich sie darin begründet sind, liegt noch völlig im Dunkeln, und es ist namentlich für eine der auffallendsten Erscheinungen, den Winterschlaf, wie er selbst bei sonst homöothermen Thieren auftritt, bis jetzt nur fruchtlos nach anatomischen Ursachen, nach aufklärenden anatomischen Eigenthümlichkeiten dieser Thiere gesucht.

Der Wechsel täglicher Zustände ist bei verschiedenen Thieren verschieden angeordnet und es ist namentlich zu erkennen, daß die der Ruhe bestimmte Tageszeit auf das Manchfachste abweicht. Kein Theil der lebenden Wesen zieht in dieser Hinsicht leichter unsere Aufmerksamkeit auf sich, als die Vögel durch ihren Schlag. Und da finden wir, nachdem manche mit Gezirp und Geschrei sich den Tag über haben hören lassen, andere ihre Stimmen mehr am Abend erhebend, die Nachtigall ihren Schlag bis tief in die Nacht fortsetzend, dann nach kurzer Stille wieder einer nach dem andern die Sänger des Waldes erwachend, einer den andern ablösend, bis in den hellen Tag hinein. Aehnliche Verschiedenheiten sind aber auch von manchen Säugethieren bekannt genug, und offenbaren sich zum Theil leicht genug auch von vielen andern Thieren. Vieles hält sich den Tag über in stiller Zurückgezogenheit, kommt des Abends hervor oder verräth auch seine nur auf die finstere Nacht berechnete

Thätigkeit nur durch mancherlei Spuren, Zerstörungen, Geräusche u. s. w. Die Ursachen dieser Mannichfaltigkeit mögen in sehr verschiedenen Beziehungen liegen, von denen einige sich leicht aufzählen lassen. Es ist offenbar, daß die wichtigsten Sinneswerkzeuge, die Augen, bei verschiedenen Thieren für verschiedene Helligkeit eingerichtet sind; bei anderen scheint neben der Fähigkeit, bei geringem Lichte zu sehen, auch das Bedürfniß einer kühleren Temperatur oder einer feuchteren Luft sehr wesentlich mitzusprechen. Als teleologischer Grund ist zu beachten, daß manche kleine Raubthiere den Raub (namentlich Vögel) gern im Schlafe überfallen, während vielleicht andere Thiere bei Nacht sicherer vor den ihnen nachstellenden Räubern sind. Im Allgemeinen scheint der eigentliche, täglich eintretende Schlaf bei den niederen Thieren unvollkommener zu seyn, als bei den höheren. An manchen der Thiere, welche uns näher umgeben, beobachten wir allerdings einen dem unsrigen ähnlichen, selbst recht tiefen Schlaf. An dem Hunde, der so oft unser Stubengenosse ist, erkennen wir selbst in den Zuckungen der Füße und leise angedeutetem Kläffen den Traum. Bei vielen niederen Thieren ist es aber mindestens zweifelhaft, ob sich ein Zustand des Schlafes so bestimmt von dem wachenden absetzt, ob sie nicht statt des Wechsels von Schlaf und Wachen mehr nur einen Wechsel von Thätigkeit und Ruhe haben. Desto bedeutsamer tritt bei sehr vielen niederen Formen der Thierwelt die jährliche Periodicität und namentlich die Erscheinung des Winterschlafes auf. Der wichtigste Einfluß, auf welchem derselbe beruht, ist wohl der Einfluß der verschiedenen Jahrestemperaturen; jedoch erklärt dieser durchaus nicht allein die Erscheinungen, welche mit dem Winterschlafe in nothwendiger Verbindung stehen. Es zeigt sich in Ländern, welche bedeutende Schwankungen der jährlichen Temperatur besitzen, daß die Natur manche verschiedene Mittel bedarf und anwendet, um die verschiedenen Thierarten die kältere Jahreszeit hindurch zu erhalten. Theils die unmittelbare Wirkung der Kälte selbst muß durch gewisse Vorrichtungen abgewandt oder unschädlich gemacht werden, theils auch die Nachtheile des Nahrungsmangels, welcher für so viele Thiere durch die kalte Jahreszeit herbeigeführt wird. Es werden bald instinktmäßige Thätigkeiten zu diesem Behufe angewandt, bald finden wir, wie die vegetativen Thätigkeiten allmälige zweckmäßige Umstimmungen erleiden. Unter den instinktmäßigen Thätigkeiten tritt bei manchen Thieren das Ansammeln von Wintervorräthen, bei anderen das Wandern, bei sehr vielen das Aufsuchen geschützter Stellen, oft sehr tiefes Vergraben in Erde oder Schlamm hervor. Die Periodicität in den vegetativen Thätigkeiten läuft meist neben dieser instinktmäßigen Fürsorge fort, betrifft aber auch solche Thiere, welche von jenen nichts erkennen lassen. Wir haben in dieser Hinsicht Veränderungen zu unterscheiden, welche sich an dem einzelnen thierischen Individuum vollziehen, und solche, welche im Leben der Gattung zum Vorschein kommen. Als letztere ist zu bezeichnen die Anordnung der Brunstzeiten der Thiere, welche meist sehr deutlich in zweckmäßiger Beziehung zu den Wechseln der Temperatur sowohl als des Nahrungsreichthums stehen. Außerdem gehört aber hieher die bei niederen Thieren nicht seltene Einrichtung, daß die Thierart den Winter hindurch nur durch befruchtete Eier erhalten wird, während alle ausgebildeten Individuen im Herbste absterben. Das befruchtete Ei kann durch den Mangel einer bestimmten Wärmeeinwirkung für lange Zeit an der Entwicklung gehemmt werden, ohne zu Grunde zu gehen. So wartet es denn den Winter hindurch der Frühjahrswärme, welche den brütenden Einfluß ausüben und eine neue Generation hervorrufen muß, welche nichts von ihren Vorfahren weiß. — Bei einigen wirbellosen Thieren (namentlich gewissen Wespen) sterben nur die Männchen im Herbste regelmäßig aus, nachdem sie die Weibchen begattet haben. Diese behalten, den Winter über schlafend, den männlichen Samen bei sich und legen im Frühjahr befruchtete Eier. — Die Umstimmungen der vegetativen Thätigkeit im Thiere verrathen sich uns namentlich in der Bildung verschiedener Behaarung oder Befiederung bei homöothermen Thieren, in der Anhäufung von Fett im Herbste, welches theils als Schutz gegen Kälte, theils als Material für den Athmungsproceß betrachtet werden kann. Auch die Wanderzeit der Vögel muß durch die vegetativen Thätigkeiten vorbereitet

werden: besondere Kraft der Muskeln und eine tüchtige Befiederung sind dazu wesentlich erforderlich. Erinnert man sich aller dieser Erscheinungen, so versteht es sich von selbst, daß man auch den Winterschlaf nicht bloß einfach als eine Wirkung der Kälte, als eine Betäubung durch Wärmeentziehung betrachten wird. Allerdings ist diese dabei von großer Wirkung, allerdings vermögen wir durch Wärmeentziehung viele pökilotherme Thiere zu jeder Zeit des Jahres in eine Erstarrung zu versetzen, durch Wärme auch mitten im Winter ihren Schlaf zu stören. Aber Alles ist das nicht, und wir müssen anerkennen, daß der ächte Winterschlaf eine lange vorher vorbereitete Veränderung der Lebensthätigkeiten ist. Am einleuchtendsten ist es, wie dieser Zustand tief in der Natur eines Thieres begründet seyn muß, wenn man die Winterschläfer unter den Homöothermen mit den übrigen, des Winterschlafs unfähigen (Vögeln und) Säugethieren vergleicht. In der warmen Jahreszeit und innerhalb gewisser Temperaturgrenzen zeigen sie die Erscheinungen der Wärmeökonomie, die einen wie die anderen. Wollte man aber ein von Natur nicht winterschlafendes Thier im Winter einer solchen Temperatur aussetzen, bei welcher es seine inneren Theile nicht warm zu halten vermöchte, so würde es erfrieren. Bei dem Winterschläfer bleibt eine Parthie der Centraltheile thätig und weckt zur rechten Zeit die übrigen wieder. Die Ganglien, von welchen die Thätigkeit des Kreislaufes ausgeht, der Centraltheil für die Athmungsbewegungen (die medulla oblongata), sind bei diesen Thieren auch noch bei sehr tiefer Temperatur thätig, die Consumtion des Fettes, welches sich im Herbste bei ihnen aufgehäuft hatte, ist davon das handgreiflichste Merkmal; die durch Experimente zu ermittelnde Absorption von Sauerstoff, Aushauchung von Kohlensäure, zeigen den Weg an, auf welchem das Fett verschwunden ist. Auch geringe Mengen von Harnbestandtheilen werden während dieses Zustandes ausgeschieden. Stört man nun ein solches Thier, Haselmaus, Murmelthier oder dgl., durch Erwärmen oder sonstige Einwirkungen aus dem tiefen Schlafe, so zeigt sich recht die Athmung als das Band, welches sie noch mit dem Leben verknüpft. Wie ich selbst an Haselmäusen, Andere an anderen Thieren gesehen, ist der erste Akt des Erwachens, daß an die Stelle der ganz unmerklichen, eine sehr hastige und starke Athmungsbewegung tritt. Ist eben die Umgebung wärmer, als das (etwa aus einem ka ten in einen wärmeren Raum transportirte) Thier, so wird hiedurch unmittelbar das Blut erwärmt. In allen Fällen aber ist diese Athmung das Zeichen und Mittel eines lebhaften Orydations- und Wärmebildungsprocesses, durch welches dem Sitze des Bewußtseyns und seinen Organen sogleich ein mehr arterielles, daneben auch mehr und mehr sich erwärmendes Blut als Wecker zugeführt wird. —

Was wir über die Physiologie des Nervensystemes bis jetzt wissen, beschränkt sich lediglich auf die Wirbelthiere. Von der Nervenphysiologie der wirbellosen Thiere kennen wir so gut wie Nichts. Allerdings haben wir die Ueberzeugung gewonnen, daß auch bei diesen das Nervensystem, wenn es überhaupt vorhanden ist, in ein:n centralen und peripherischen Theil zerfällt, von denen der letztere in dem ersten wurzelt, allein schon das Verhältniß von sensitiven zu motorischen Nerven ist uns physiologisch wie anatomisch vollkommen unbekannt. Man hat in neuerer Zeit freilich den Versuch gemacht, auf eine Anzahl von Wirbellosen (namentlich die Arthropoden und höheren Mollusken) die von den Vertebraten her bekannten Verhältnisse dieser Nerven zu übertragen, allein bis jetzt ermangelt solcher Versuch einer jeden empirischen Basis, obgleich es gewiß sehr glaublich ist, daß die centripetale und centrifugale Leitung der Nerven auch hier an verschiedene Faserbündel übertragen sey.

Im Allgemeinen werden wir übrigens wohl annehmen dürfen, daß die Erscheinungen des Nervenlebens bei Wirbellosen und Wirbelthieren wesentlich sich gleich verhalten. Nur dann erst werden wir von diesem Satze ablassen müssen, wenn positive Erfahrungen damit in Widerspruch gerathen.

So halten wir hier namentlich auch — natürlich zunächst nur für die mit einem Nervensysteme überhaupt versehenen Thiere — das Gesetz des Reflexes fest, wonach niemals ohne

Zuthun der Centraltheile eine centripetale Erregung in eine centrifugale sich umsetzen, eine Empfindung zur Bewegung führen kann.

Der Mechanismus dieses Reflexes findet selbst, wie es scheint, bei den Wirbellosen im Allgemeinen eine noch viel weitere Geltung, als bei den Wirbelthieren. Nicht bloß die Athembewegungen und andere, die auf die Erhaltung der vegetativen Lebenserscheinungen Bezug haben, nicht bloß die instinktiven Thätigkeiten, die in manchfacher wunderbarer Form bei den wirbellosen Thieren (man denke nur an die Bienen, Termiten und Ameisen, an die Spinnen u. s. w.) sich zeigen, sind es, die in das Bereich dieser Bewegungen gehören, wir haben Grund zu der Behauptung, daß auch noch viele andere Lebensäußerungen, selbst solche, die man auf den ersten Blick für willkürliche halten möchte, die auf die Nahrungsaufnahme, auf die Locomotion u. s. w. Bezug haben, hier weit vollständiger den reflektirten Bewegungen zugehören, als bei den höheren Thieren. Wie weit dieses gehe, mag man daraus abnehmen, daß sich bei vielen Physiologen sogar die Ansicht geltend machen konnte, es seyen die niedrigsten thierischen Geschöpfe überhaupt bloße Maschinen mit der Fähigkeit zu Reflexbewegungen, deren zweckmäßige Combination durch die Einrichtung des Körpers bedingt werde. Es ist allerdings sehr schwer, eine Bewegung mit Sicherheit als eine gewollte, als Aeußerung eines Seelenaktes, zu erkennen, von einem Eindruck zu behaupten, daß er zu einer bewußten Empfindung geführt habe; es ist dieses namentlich bei den niederen Thierformen noch ungleich schwieriger, als bei denen, die dem Menschen nahe stehen, allein dennoch können wir uns nicht dazu verstehen, irgend einem Thiere jenen immateriellen Organismus, den wir eine Seele heißen, abzusprechen. Empfindung und Willkür haben wir deßhalb auch früher als allgemeine Eigenschaften der Thiere bezeichnet.

Uebrigens wollen wir sehr gerne zugeben, daß der Werth des Seelenlebens bei den niederen Thieren ein sehr viel geringerer ist und immer mehr abnimmt. Nur auf die Wahrnehmung der Außenwelt und der eigenen Körperzustände wird dasselbe Bezug haben. Und selbst diese wird gewiß niemals sich zu der Klarheit und Unbefangenheit emporschwingen können, die wir bei dem Menschen und den höheren Thieren wahrnehmen. Sehen wir nur, wie sogar der Schmerz, das gemeinste Zeichen eines bewußten seelischen Lebens, sich abstumpft. Nicht bloß, daß schon die pökilothermen Wirbelthiere denselben viel weniger intensiv empfinden, als der Mensch und die nächstverwandten Geschöpfe; man kann gar viele noch niederere Thiere auf das Aergste verstümmeln und verwunden, ohne daß man nach den Reactionen auf einen sehr schmerzhaften Eindruck zurückschließen könnte. Tritt auch in manchen Fällen (z. B. bei einem durchschnittenen Wurm) nach solchen Eingriffen eine mehr oder minder ausgebreitete convulsivische Bewegung ein, so darf man diese an sich doch ebenso wenig als ein direktes Zeugniß für die schmerzhafte Empfindung ansehen, als das Winden eines decapitirten Aales.

Eine anatomische Eigenthümlichkeit des centralen Nervensystemes bei den Wirbellosen ist darin gegeben, daß dasselbe niemals mehr in einer so compacten und zusammenhängenden Form auftritt, als bei den Vertebraten. Es besteht vielmehr durchgehends aus einzelnen, durch längere oder kürzere Nervenstränge (Commissuren) unter sich zusammenhängenden Ganglien, deren Massenentwicklung verhältnißmäßig eine nur geringe ist. In dieser Hinsicht gleicht das Nervensystem der wirbellosen Thiere weit mehr dem sympathischen System der höheren Geschöpfe, als dem cerebrospinalen, und es scheint vom anatomischen Standpunkt auf den ersten Blick gerechtfertigt, was man in früherer Zeit annahm, daß dasselbe auch wirklich nur dem ersteren entspräche. Seitdem man aber in vielen der höher entwickelten wirbellosen Thiere (Arthropoden, Würmer, Mollusken) noch außerdem ein besonderes kleines System von Nerven entdeckt hat, das die Neigung zur Ganglienbildung und die Verbreitung am Verdauungsapparate mit dem Sympathicus der Wirbelthiere theilt, hat man jene Ansicht aufgegeben, und gewiß mit Recht. Trotz der abweichenden Entwicklung muß man die Hauptganglien der Wirbellosen mit ihren Commissuren als die Analoga des cerebrospinalen Centralsystemes ansehen. Für solche Deutung spricht es auch, daß die peri-

pherischen Nerven, die übrigens nur aus den Ganglien, nicht aus den Verbindungssträngen zwischen denselben (und zwar mit einfacher Wurzel) hervorkommen, vornehmlich an den Sinneswerkzeugen, Haut und Muskeln sich verbreiten. Indessen darf man dabei nicht verkennen, daß von ihnen auch ein großer Theil der Eingeweide versorgt wird (Genitalien, Respirationsorgane u. s. w.), indem, wie gesagt, das sympathische System sich vorzugsweise nur auf den Verdauungsapparat beschränkt. Ueberdieß ist es noch keineswegs entschieden, ob diese sympathischen Nerven, die beständig gleich den übrigen peripherischen Nerven mit den Centraltheilen zusammenhängen, in physiologischer Hinsicht mit dem gleichnamigen System der höheren Thiere völlig zusammenfallen, ob sie ebenso selbstständig, ebenso verschwiegen sind. Jedenfalls ist es sehr wahrscheinlich, daß bei den niederen Thieren die vegetativen Lebensvorgänge in großem Umfange zur Kenntniß kommen und in gleicher Weise, wie die Verhältnisse der Außenwelt. Nur unter dieser Voraussetzung wird namentlich die größere Menge der sogenannten instinktiven Handlungen einer richtigen Auffassung und Erklärung fähig.

Bei der geringen Ausbreitung des Sympathicus wird dieses aber auch selbst dann noch in hohem Grade der Fall seyn können, wenn die von demselben versorgten Theile dem Bewußtseyn und der Einwirkung des Seelenlebens entzogen sind. Die Zustände der Geschlechtsentwicklung, Metamorphose u. s. w., werden überall noch in direkter Weise empfunden werden, wenn wir nach dem anatomischen Befund, nach der Anordnung der Nerven, urtheilen wollen. In anderen Fällen, wenn der Sympathicus ganz fehlt und alle Organe in direkter Nervenverbindung mit dem Centralapparate stehen (bei den Echinodermen), wird dieses in noch höherem Grade der Fall seyn können.

Ueber die histologische Zusammensetzung des Nervensystemes sind unsere Kenntnisse bei den Wirbellosen gleichfalls noch sehr gering und unzureichend. In den meisten Fällen können wir allerdings auch hier dieselben beiden Hauptelemente, Fasern und Nervenkörperchen, unterscheiden. Ja, wir sehen selbst häufig denselben direkten Zusammenhang zwischen beiden; wir finden Nervenkörperchen, die in den Verlauf einer Faser eingebettet sind, andere, die nur an einem Pole sich in eine Faser ausziehen, noch andere endlich, die sogar mehrere strahlenförmige Fortsätze aussenden (wie namentlich bei den Schnecken). Mit den physiologischen Thatsachen vermögen wir diese Verhältnisse aber hier noch weniger in Zusammenhang zu bringen, als bei den Wirbelthieren.

In einer größeren Menge von niederen Thieren haben wir aber bisher vergeblich nach deutlichen Nervenkörperchen gesucht (z. B. bei Akalephen). Eine einfache körnige Masse scheint an deren Stelle getreten zu seyn. Auch Nervenfasern sind nicht immer mit Bestimmtheit wahrzunehmen. Nicht bloß, daß dieselben fast überall der doppelt contourirten Umhüllungsmasse unter der zarten Scheide entbehren, so daß eine Unterscheidung von Zellgewebsfasern und andern schwer fällt. In manchen Nerven scheinen selbst eigentliche isolirte Nervenfasern vollkommen abwesend. Untersucht man z. B. die Genitalnerven eines Käfers, so sieht man statt ihrer nur eine homogene dickflüssige Masse, hier und da mit Körnern und Körnchen, auch wohl mit undeutlicher Längsstrichelung, welche die derben Nervenscheiden, die eine eigene Contractilität besitzen, erfüllt. Man könnte sich versucht fühlen, den ganzen Nerv für eine einzige Faser zu halten (und wirklich ist man — von Heßling — neuerdings in diesen Irrthum verfallen), doch die Stärke, das Aussehen, der Ursprung und der abweichende Typus der Verästelung verbieten solches. Wie man für solche Verhältnisse das Gesetz der isolirten Leitung, das Fundament unserer gesammten Nervenphysiologie, wird aufrecht erhalten können, ist kaum einzusehen. Und dennoch dürfen wir dasselbe vorerst gewiß nicht fallen lassen. Ueberall neue Räthsel, deren endliche Entzifferung vielleicht noch lange auf sich warten läßt. — Noch ein Anderes wollen wir hier hervorheben, das für den Werth des Nervensystemes bei den niederen Thieren gleichfalls von Bedeutung scheint. Es ist die geringere räumliche Entwicklung und Verbreitung dieses Systemes. Bei den Arthro-

poden, den höheren Würmern und Mollusken tritt uns solches allerdings wohl weniger entgegen; bei den niederen Thieren aber können wir uns oft überzeugen, daß in dem einen oder anderen Organe und Körpertheile die Nerven als histologisch gesonderte Elemente fehlen, ohne daß deßhalb die Thätigkeiten und namentlich auch die Bewegung desselben beeinträchtigt wäre. Betrachten wir nur z. B. den isolirten Schlund oder Rüssel einer Planarie. Noch lange Zeit nach der Entfernung vom Körper macht dieses Organ auffallende sehr kräftige Schluckbewegungen, es zeigt uns Lebensäußerungen, die nach den bekannten Erfahrungen bei den höheren Thieren nicht bloß die Anwesenheit von Nerven, sondern selbst von centralen Ganglienmassen voraussetzen lassen. Und doch ist es unmöglich, derartige Gebilde in der Textur dieses Organes nachzuweisen. Mag man auch immerhin diese Unmöglichkeit der Unterscheidung noch nicht als einen direkten Beweis der Abwesenheit von Nervenelementen ansehen, mag man dabei an die Schwierigkeit erinnern, die in so vielen niederen Thieren sich der Erkenntniß der Nervenfasern u. s. w. entgegenstellen (schon bei den höheren Thieren sind dieselben von anderen faserigen Gebilden, namentlich im Bereiche des Sympathicus, nur schwer und oft nur durch den Zusammenhang mit anderen deutlichen Nervenfasern zu unterscheiden), so bleibt doch auch die Annahme von der wirklichen Existenz solcher nicht wahrnehmbarer Elemente eine Hypothese, die nur durch die Analogie mit den höheren Thieren getragen wird.

Erinnern wir uns daran, daß auch die contractilen Gewebe nicht immer aus Muskelfasern bestehen, daß unter veränderten Umständen auch bei einer gänzlich abweichenden histologischen Beschaffenheit und Entwicklung ein gleicher Effekt erzielt werden kann. Das Herz der Embryonen bei Säugethieren, Vögeln u. s. w. contrahirt sich bereits zu einer Zeit, wo die Muskelfasern noch nicht ausgebildet sind. Halten wir dieses fest, dann werden wir Nervenfasern und Ganglienkugeln vielleicht ebensowenig in allen Fällen als nothwendige construirende Bestandtheile eines sensitiven und motorischen Apparates ansehen, dann werden wir gewiß der Annahme Raum geben, daß die Energieen des Nervensystemes auch auf anderweitige Bildungen übergegangen seyn können. Daß wir solche noch nicht kennen, darf nicht als Gegenbeweis angeführt werden, um so weniger, als dem die positive Thatsache gegenübersteht, daß bei den niedrigsten Thieren, den Protozoen, den Akalephenammen, den jüngsten Embryonen vieler anderer Geschöpfe ein Nervensystem im gewöhnlichen Sinne des Wortes fehlt, ohne daß darum eine Empfindung und Bewegung unmöglich wurde. Namentlich scheint die Zusammensetzung der contractilen Gewebe aus Sarcode beständig mit der Abwesenheit eines eigentlichen Nervensystems Hand in Hand zu gehen. Möglich deßhalb, daß diese Substanz nicht bloß die Vertreterin der Muskeln bei den höheren Thieren, auch die Vertreterin der Nerven sey. Für diese Vermuthung spricht wenigstens der Umstand, daß auch die sorgfältigste Untersuchung in den daraus bestehenden Körpermassen Nichts, gar Nichts hat erkennen lassen, was man nur möglicher Weise für ein Analogon des Nervengewebes halten könnte. Ist diese Vermuthung richtig, so kann natürlich bei derartigen Geschöpfen von einer centrifugalen und centripetalen Leitung, wie in den Nerven der übrigen Thiere mit wirklichen Nervenfasern, wohl nicht mehr die Rede seyn. Der Gegensatz zwischen peripherischem und centralem Systeme ist ja dann hinweggefallen. Auf welche Weise dann aber die Erscheinungen des Nervenlebens, die keineswegs fehlen, vermittelt werden, ist kaum zu ahnen. Jedenfalls müssen wir aber auch hier trotz aller Einfachheit der Organisation auf eine zweckmäßige, künstliche Maschinerie zurückschließen.

Eine andere fast eben so große Schwierigkeit bietet diese Anordnung für die Auffassung desjenigen Verhältnisses, welches wir zwischen Körper und Seele annehmen müssen. Wir haben oben bei den höheren Thieren die vorderen Hemisphären als das Seelenorgan bezeichnet, und gewiß sind wir dazu nach allen Erfahrungen vollständig berechtigt. Nur dürfen wir dadurch nicht zu der Annahme verleitet werden, daß das Seelenleben zu diesem Gebilde sich etwa verhalte, wie sonst eine funktionelle Erscheinung zu ihrem histo-

logischen oder anatomischen Substrate. Wir dürfen auch die Hemisphären des Gehirnes bei den Wirbelthieren nicht geradezu als den Sitz der Seele im gemeinen Sinne des Wortes deuten. Die Seele, ein immaterielles Ding, die an sich gewiß jedem Punkte des räumlich entwickelten Organismus gleich nahe ist, findet in den Hemisphären bei den Wirbelthieren nur eine geeignete Stelle, ihre Beziehungen zu der speciellen Organisation dieser Geschöpfe zu manifestiren. Durch solche Auffassung erhellt, daß die Abwesenheit jener Gebilde keineswegs auch den Mangel einer Seele zur nothwendigen Folge habe. Nur die räumlichen Verhältnisse zum Organismus werden dadurch verändert; anstatt der Hemisphären werden sich dann andere Gebilde der Seele zum Organe darbieten. Schon der merkwürdige Amphioxus unter den Wirbelthieren, ebenso auch die gesammte Masse der Wirbellosen zeigt uns eine solche Verschiedenheit in dem räumlichen Verhältniß zwischen Seele und Körper. Man spricht freilich nicht selten auch bei den Wirbellosen von einem Gehirne, allein der Theil des centralen Nervensystemes, den man so benennt, hat mit den Hemisphären der Wirbelthiere nicht die geringste Aehnlichkeit. Er unterscheidet sich in Nichts von den übrigen Theilen des centralen Nervensystemes, als durch seine Lage in dem Vorderende des Körpers, das allerdings nicht selten durch eine besondere Gestaltung sich auszeichnet, den Namen eines Kopfes aber keineswegs verdient, wenn man damit wenigstens eine bestimmtere Aehnlichkeit mit dem Kopfe der Wirbelthiere ausdrücken will. Daß die Sinnesorgane mit diesem Theile des Nervensystemes in Verbindung stehen (was man wohl als einen Beweis für die höhere physiologische Dignität desselben angesehen hat) darf man nicht sehr hoch anschlagen, theils weil solche Lage durch die Beziehungen der Sinnesorgane zur Nahrungsaufnahme ihre hinreichende Erklärung findet, theils auch weil dieselbe keineswegs ausschließliche Regel ist.

Was endlich die Deutung dieser vorderen Ganglienmasse als Seelenorgan vollständig zurückweist, ist die direkte Erfahrung durch Hülfe des Experimentes. Decapitirte Insekten, so kann man sich leicht überzeugen, zeigen auch nach der Operation noch Bewegungen, die bloße Aeußerungen einer Willensthätigkeit seyn können. Nicht, daß dieselben etwa nur in Folge eines äußern Reizes einträten; sie erfolgen vielmehr selbstständig, nach einem inneren Impulse, wie schon die Abwechselung von Ruhe und Bewegung, sey diese durch den gewöhnlichen Lauf oder den Flug vermittelt, genugsam anzeigt. Trennen wir eine Skolopendra durch einen Schnitt in zwei Hälften, so sehen wir allerdings Unterschiede in dem Benehmen des vordern und des hintern Theiles, doch diese werden sich sehr bald erklären, so bald wir nur berücksichtigen, daß die vordere Hälfte durch den Besitz der vornehmlichsten Sinnesorgane in einer andern Beziehung zur Außenwelt steht, als die hintere.

Dürfen wir nun aber unter solchen Umständen auch nicht mehr einen bestimmten Theil des centralen Nervensystemes, wie bei den Wirbelthieren, als ausschließliches Organ der Seele ansehen, so sind wir doch auf der andern Seite gewiß vollständig zu der Annahme berechtigt, daß das genannte System, und zwar in der Gesammtheit seiner Centraltheile, immer noch eine Beziehung zum Seelenleben darbiete. Es enthalten diese ja durch Einrichtung und Fähigkeit von allen Organen des thierischen Körpers am vollständigsten alle die Bedingungen, deren das seelische Leben zu seinen manchfachen Aeußerungen bedarf.

Wir wollen sogar die Vermuthung wagen, daß mit dieser räumlichen Verschiedenheit in der Entwicklung des Seelenorganes auch der oben erwähnte niedere Werth des Seelenlebens bei den Wirbellosen zusammenhänge. Nicht etwa, als ob dasselbe dadurch bedingt sey; es scheint vielmehr, als ob jene Anordnung für die physischen Aeußerungen der betreffenden Geschöpfe vollständig ausreiche. Es ist wenigstens denkbar, daß jene Sammlung und Concentration der physischen Kräfte, die allein eine höhere Richtung und Intensität der Seele möglich macht, jene Ablösung der psychischen Thätigkeiten von den körperlichen Zuständen auch einen besondern, von den übrigen centralen Nervenmassen geschiedenen Apparat als nothwendiges Mittel der Realisirung verlange.

Gehen wir jetzt noch einen Schritt weiter, zu den niedrigsten Thierformen, in denen wir

ein Nervensystem und mit diesem auch natürlich ein räumlich begrenztes Seelenorgan im thierischen Körper vermissen. Wollen wir hier nicht eine Seele läugnen — und das scheint uns kaum möglich, sobald wir den höheren Thieren eine solche zugestehen — so bleibt nur die Annahme übrig, daß dann der gesammte Körper in allen seinen Theilen mit der Seele verknüpft sey, wie sonst ausschließlich durch die centralen Partieen des Nervensystemes. Bei solcher Organisation ist der ganze Körper kaum etwas Anderes, als ein Multiplum gleichartiger Theile, von denen ein jeder nach Eigenschaften und Leistungen einen Quotienten des Ganzen bildet. Und ein jeder dieser Quotienten mag dann auch gleichen Antheil, gleiches Recht nicht bloß auf den Besitz, auch auf die Aeußerungen der Seele haben. Darin findet es denn auch seine Erklärung, wenn wir sehen, daß solche niedere Thiere nicht blos ohne Lebensgefahr theilbar sind, daß ihre Theilstücke auch eine körperliche und psychische individuelle Entwicklung durchlaufen können. Die Annahme einer Theilbarkeit der Seele ist unter solchen Umständen ebenso wenig ein Unsinn, als die Theilbarkeit des Körpers — sie wird es nur, sobald wir die Möglichkeit einer solchen Spaltung auch für die höheren Thiere postuliren, die durch die mechanischen Bedingungen ihres Körpers und die Beschaffenheit ihrer Seele zu einer andern höhern Form des räumlichen und geistigen Lebens befähigt sind.

Ueber die anatomische Anordnung des Nervensystems bei den Wirbellosen können wir uns kurz fassen, weil die Verschiedenheiten, die darin obwalten, uns noch weniger Anhaltspunkte für eine physiologische Auffassung geben, als die Differenzen in der Entwicklung des Nervensystems bei den Wirbelthieren. Was wir bislang davon wissen, hat fast ausschließlich einen morphologischen Werth, beschränkt sich auch meistens nur auf die centralen Massen des Nervensystemes. Die Disposition dieser Theile, die, wie schon angeführt wurde, aus einer wechselnden Zahl zusammenhängender Ganglien bestehen, richtet sich beständig nach dem architektonischen Gesammtbau der Thiere. In keinem andern Gebilde spricht sich der jedesmalige typische Plan der Organisation mit größerer Bestimmtheit aus.

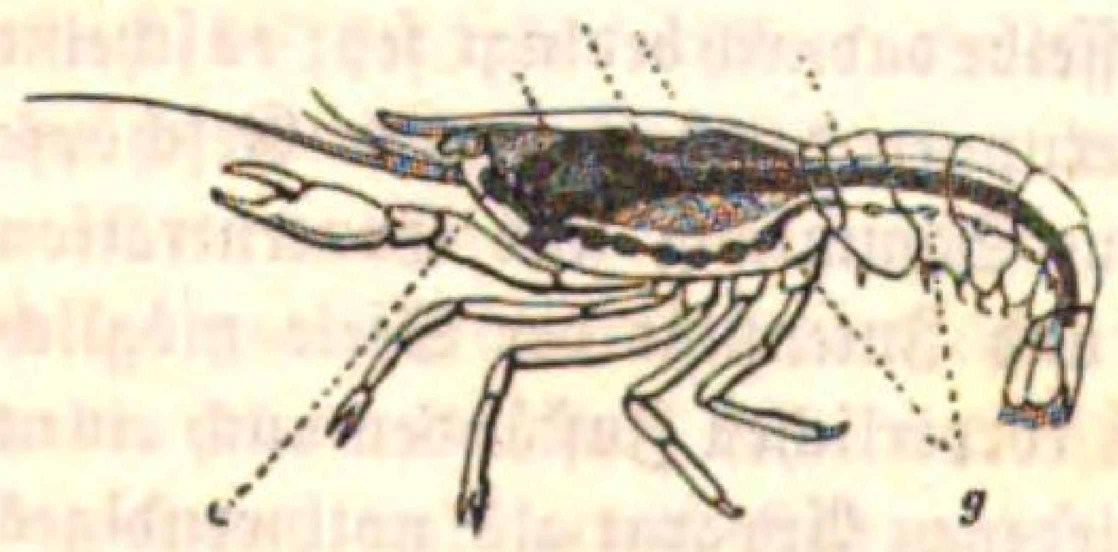
Betrachten wir zunächst die Arthropoden. Hier bildet das centrale Nervensystem eine einfache Reihe von Ganglien, die in der Mittellinie des Leibes an der Bauchfläche unterhalb des Darmkanals gelegen sind und durch doppelte Längscommissuren in Verbindung stehen. Die Gliederung, die sich hierin ausspricht, wiederholt die Gliederung des äußern Körpers; für ein jedes Segment ist ein besonderes Ganglion vorhanden, dessen Entwicklung mit der Entwicklung des Segmentes parallel geht. Eine eigene Körperhöhle, wie sie bei den Vertebraten für die Centraltheile des Nervensystemes vorkommt, fehlt den Gliederfüßlern. Derselbe innere Raum nimmt Herz und Darmkanal und Ganglienkette auf. Höchstens, daß, wie es namentlich bei den größeren Krebsen und Insekten der Fall ist, an den Seiten der letzteren sich einige hornige Stäbe erheben, sie zu umfassen und zu schützen. Es ist in völliger Uebereinstimmung mit dem Körperbau der Arthropoden, und namentlich mit der räumlichen Anordnung der Mundöffnung, die, wie wir wissen, nicht dem vordern, sondern dem hintern Abschnitte des Kopfes zugehört, daß die erste Ganglienmasse, aus der die Nerven für Antennen und Augen entspringen, vor dem Schlunde in der äußersten Spitze des Kopfes (als sog. gangl. supra-oesophageum) gelegen ist. Erst das zweite Ganglion (g. infra-oesophageum), das die Freßwerkzeuge mit Nerven versorgt, liegt hinter der Mundöffnung. Sollten nun aber diese beiden Ganglienmassen auf gewöhnliche

Fig. 321.



Nervensystem eines Insekts.

Fig. 322.



Durchschnittszeichnung vom Krebs.

c Kopfganglien, deren hintere Commissuren den Schlund umfassen; g Ganglienkette.

Weise unter sich zusammenhängen, wie es aus morphologischen und physiologischen Gründen nothwendig ist, so mußten die Commissuren die Seitentheile des Oesophagus umfassen. Und solche Anordnung finden wir bei allen Arthropoden.

Man hat wohl bisweilen in diesem Verhalten des vordern Schlundganglions den anatomischen Nachweis für die Deutung desselben als Gehirn finden wollen, für eine Ansicht, die aus einer bloßen hypothetischen Analogie zwischen Vertebraten und wirbellosen Thieren hervorgegangen ist, und auch physiologisch, wie wir oben gesehen haben, sich nicht rechtfertigen läßt. Es scheint mir kaum nöthig, noch weiter auf eine Widerlegung derselben einzugehen. Ich will nur noch bemerken, daß auch die Commissuren zwischen anderen Ganglien der Bauchkette bisweilen aus einander weichen, um, je nach den speciellen Bedürfnissen, bald eine Insertionsstelle von Muskeln, bald eine stabförmige Hervorragung der äußeren Bedeckungen zwischen sich zu nehmen.

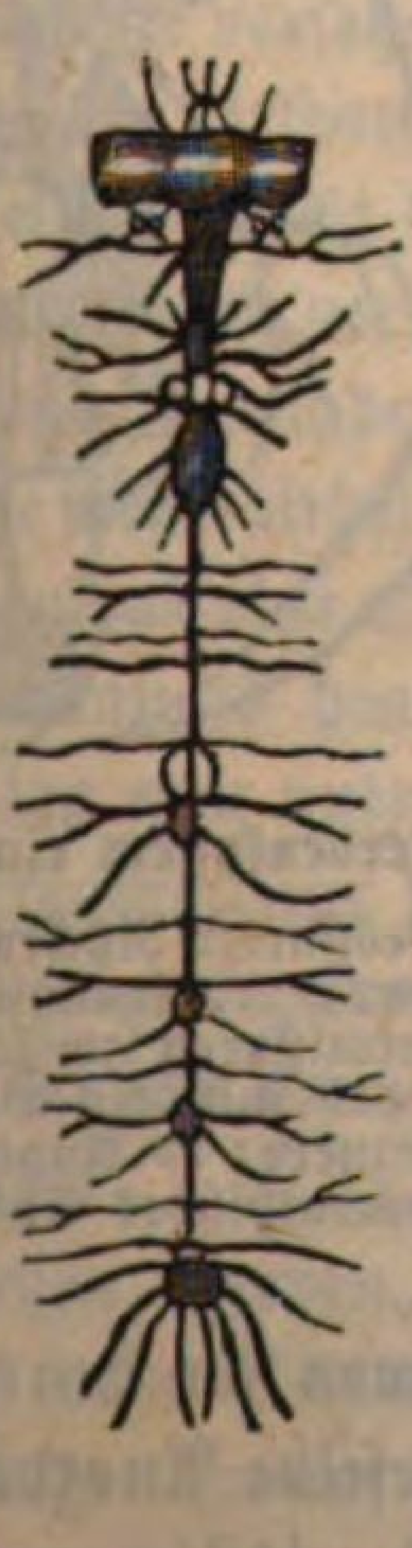
Wir kennen selbst eine Anzahl von Formen unter den Crustaceen (Isopoden, Amphipoden, Apus u. s. w.), bei denen die Commissuren der gesammten Bauchkette von einander getrennt sind und als zwei parallele Stränge neben der Medianlinie verlaufen, die von Zeit zu Zeit, den einzelnen Segmenten entsprechend, durch Queranastomosen zusammenhängen. Die ganze centrale Masse des Nervensystemes bekommt dadurch das Aussehen einer Strickleiter. Wo die sprossenartigen Queranastomosen in die Längsstämme übergehen, sind die Ganglien gelegen, rechts und links in gleicher Weise. Statt eines einfachen unpaaren Ganglions also beständig zwei durch eine quere Anastomose verbundene paarige Ganglien.

Es kann uns unter solchen Umständen nicht überraschen, wenn wir eine Andeutung dieser Bildung mitunter schon in dem einfachen medianen Bauchstrang der Insekten u. s. w. antreffen, wenn wir hier sehen, wie die einzelnen Ganglien, namentlich die größeren (z. B. das vordere Schlundganglion), durch eine mittlere mehr oder minder tiefe Längsfurche in zwei lappenförmige Seitenhälften getheilt werden. So wie übrigens in anderen Fällen eine jede Spur dieser bilateralen Anordnung der einzelnen Ganglien verschwindet, ebenso zeigen sich auch hier und da (namentlich bei den Zweiflüglern) die Commissuren zwischen denselben vollkommen einfach. Nur die vordere Commissur zwischen den Kopfganglien, die den Schlund ringförmig umfaßt, ist in allen Fällen eine doppelte. — Es ist oben angeführt, daß die Zahl der Ganglien in der Bauchkette mit der Zahl der Körpersegmente übereinstimmt. Bei den Tausendfüßlern, den langgeschwänzten Krebsen und Skorpionen werden wir deßhalb eine größere Menge antreffen, als bei den Hexapoden, Spinnen u. s. w. Wenn dieses Gesetz nun aber nicht für alle Fälle zu passen scheint, wenn wir mancherlei auffallende Ausnahmen davon wahrnehmen, und zwar sehr häufig, so müssen wir uns nur daran erinnern, daß neben der Zahl auch die Entwicklung der Segmente auf die Anordnung des Nervensystemes influirt. Nicht bloß, daß aus diesem Grunde z. B. die Ganglien des Thorax, welche die Extremitäten versorgen, an Größe und Entwicklung die Ganglien des Abdomen übertreffen; in demselben Verhältniß findet es auch seine morphologische Berechtigung, wenn bei geringer Größe und Selbstständigkeit einzelner Segmente die betreffenden Ganglien zu einer gemeinsamen Masse unter einander verschmelzen. So enthält z. B. das letzte Abdominalganglion der Hexapoden, aus dem die Genitalnerven entspringen, die Elemente für eine wechselnde Anzahl

Fig. 323.



Fig. 324.

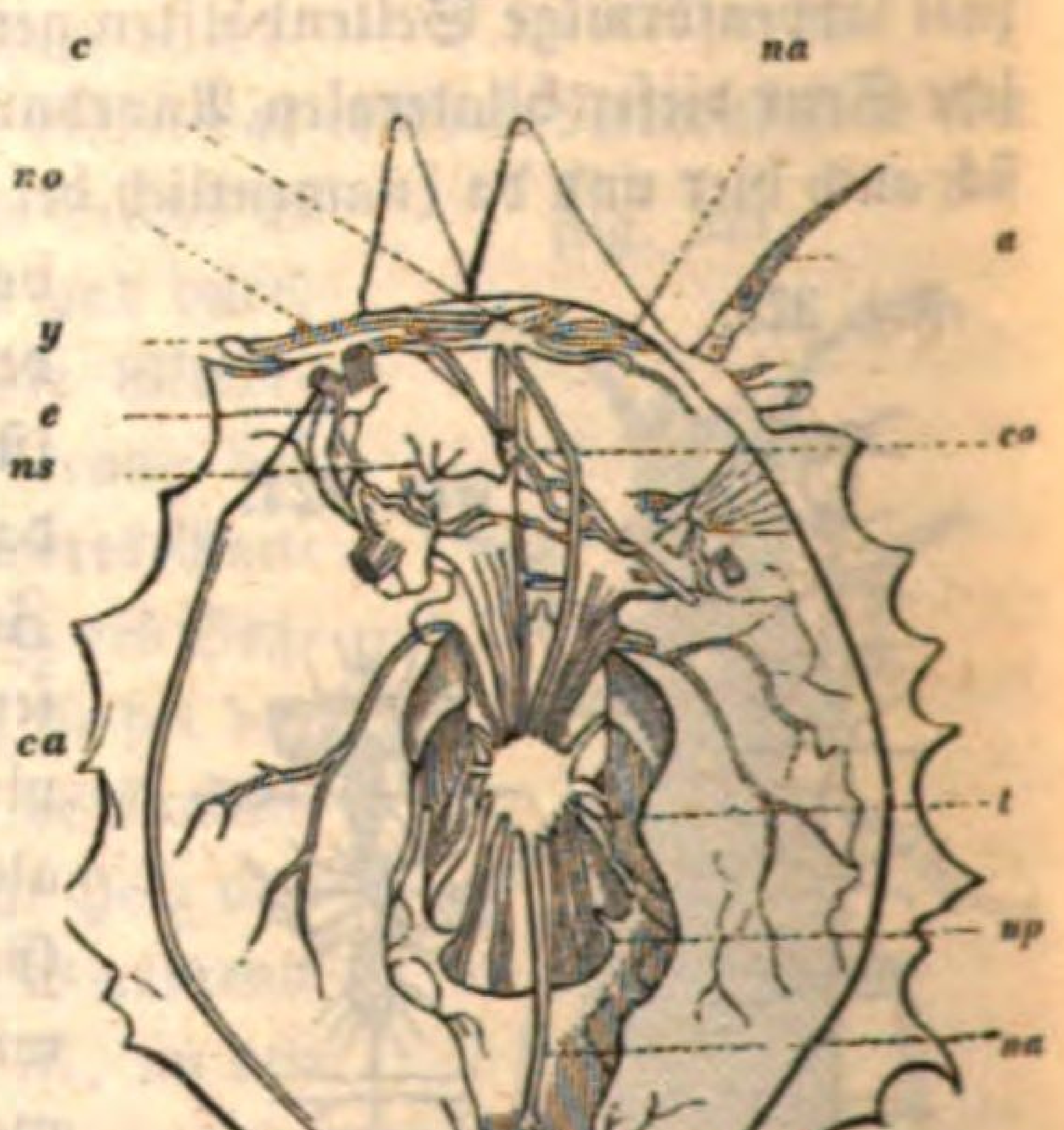


Nervensystem des Ligusterschwärmers, als Raupe und Schmetterling.

von Ganglien, die den letzten wenig entwickelten Hinterleibssegmenten zukommen; ebenso das dritte Brustganglion, das noch dazu häufig mit dem vorhergehenden zweiten vereinigt ist, gewöhnlich die Elemente für die nächstfolgenden Abdominalganglien. (Auch das Kopfganglion entspricht einer größeren Anzahl von Segmenten.) Wo während der Metamorphose eine Umwandlung der Körperform durch eine abweichende Entwicklung der einzelnen anfangs übereinstimmenden Segmente stattfindet, wie z. B. bei den Schmetterlingen, da sind wir im Stande, solche Verschmelzung (vergl. Fig. 323 u. 324) durch alle Phasen ihrer Genese hindurch zu verfolgen. Die Commissuren zwischen den betreffenden Ganglien verkürzen sich allmälig; die Ganglien selbst rücken einander immer näher, bis sie in eine gemeinsame Masse zusammenfließen.

Eine weitere Abänderung erleidet der Bau des centralen Nervensystemes bei den Arthropoden dadurch, daß die Ganglien nicht selten ihre räumlichen Beziehungen zu den einzelnen Segmenten in sofern ändern, als sie von denselben weg und nach vorn rücken. Schon die oben betrachteten Verschmelzungsbildungen geben uns ein Beispiel solcher Lagenumänderung, doch beschränkt sich diese in solchen Fällen immer nur auf einzelne Partieen der Ganglienkette, ohne den gewöhnlichen Bau beträchtlich zu stören. Dagegen gibt es auch eine große Anzahl von Arthropoden, in denen der centrale Bauchstrang sich nicht mehr bis in das Hinterleibsende erstreckt, sondern auf die vordere Hälfte des Körpers sich concentrirt, von wo aus dann die einzelnen kürzeren und längeren Nerven ausstrahlen. Besonders ist dieses da der Fall, wo der Körper weniger durch eine gestreckte, schlanke Form sich auszeichnet, als vielmehr durch einen gedrungenen Bau, durch Kürze und Breite, wie namentlich bei den Wanzen, bei den Mistkäfern, den Lophyropoden, kurzschwänzigen Krabben und Spinnen (vgl. Fig. 171 t, a.). Bei solcher Anordnung, die natürlich nur durch eine große Verkürzung der Commissuren zwischen den Ganglien möglich geworden ist, tritt nun beständig auch noch eine weitere Verschmelzung ein, durch welche die Zahl der Ganglien sehr beträchtlich vermindert wird, so daß statt einer gegliederten Kette nicht selten (außer den Schlundganglien) nur eine einzige große Ganglienmasse übrig bleibt, die höchstens — und auch dieses nicht einmal immer — durch eine zusammengesetztere Form ihren Ursprung aus einer Anzahl vereinigter Ganglien anzeigt.

Fig. 325.



Nervensystem einer Krabbe, Maja.

ca Geöffneter Rückenschild; *a* Antennen; *y* Augen; *e* Kopfganglion; *t* Rumpfganglion; *co* Commissuren zwischen beiden; *na* Fortsetzung des mittlern Bauchnervensystems, als Schwanznerv; *no* Augennerv; *np* Beinnerven; *ns* sympathisches System des Magens (*e*).

Das sympathische Nervensystem der Arthropoden wurzelt beständig in dem vorderen Schlundganglion. Es besteht aus einem mittleren unpaaren und zweien seitlichen paarigen Nerven, die mit dem Oesophagus nach hinten laufen, zu mehreren kleinen Ganglien anschwellen und unter sich in manchfachem Zusammenhange stehen. Die hauptsächlichsten Verschiedenheiten, die man daran kennt, beschränken sich auf eine abwechselnde größere oder geringere Entwicklung der seitlichen oder der mittleren Nerven.

In der Abtheilung der Würmer stoßen wir bei den geringelten Formen (Anneliden und Blutegeln) auf eine Entwicklung des Nervensystems, die sich vollkommen an den eben beschriebenen Bau der Arthropoden anschließt. In beiden finden wir dieselbe Anordnung der Schlundganglien und der Bauchkette, nur daß die letztere (in Uebereinstimmung mit der gleichmäßigern Entwicklung der Segmente) keine so auffallenden Umänderungen in Lage und Ausbildung der einzelnen Abschnitte darbietet. Es fehlt auch nicht an Arten (unter den

Capitibranchiaten), in welchen die Bauchkette die oben beschriebene strickleiterartige Anordnung darbietet.

Eine derartige Entwicklung des centralen Nervensystems ist aber keineswegs bei allen Würmern vorhanden. Die Mehrzahl derselben bietet uns vielmehr einen viel einfacheren Bau, der erst durch eine allmälige Weiterbildung zu jener höheren Form hinführt. Was alle Würmer mit einander theilen, ist die Anwesenheit einer centralen Ganglienmasse im vordern Körperende, die bei den darmlosen Arten im sog. Kopfe dicht hinter den rüsselförmigen Haftorganen (zum Theil in deren Scheide eingebettet) gelegen ist, sonst aber beständig oberhalb des Schlundes, im Nacken, angetroffen wird. Bald ist dieselbe vollkommen einfach, bald aus zwei seitlichen Hälften zusammengesetzt. Bei den Trematoden weichen diese weiter auseinander, doch ohne dabei ihren Zusammenhang in der Mitte aufzugeben; in anderen Fällen (auch mitunter bei den Anneliden) zeigen sie eine lappige Form, als wenn sie aus mehreren verschmolzenen Ganglien gebildet wären. Von diesem Nackenganglion entspringen nun zahlreiche Nerven, die nach den verschiedenen Richtungen hin sich verbreiten, in Länge und Dicke aber manchfach variiren. Es ist wohl in Uebereinstimmung mit der Körpergestalt der Würmer, daß meistens (nicht in allen Fällen, wie namentlich weder bei den Bryozoen, noch den Rotiferen) unter diesen Nerven diejenigen an Stärke und Entwicklung sich auszeichnen, die in den Seitentheilen des Körpers sich nach hinten hinab erstrecken, um in ihrem Laufe an Muskeln und Eingeweiden sich zu verzweigen. Diese Seitennerven, die sich namentlich bei den größeren Tubellarien, den Trematoden und Nemertinen sehr deutlich verfolgen lassen, die der Bauchfläche näher liegen, als der Rückenfläche, sind nun offenbar die Vertreter der Bauchganglienkette bei den höheren Würmern. Sie brauchen bloß in der Mittellinie zu verschmelzen, wie es ja so häufig bei seitlich symmetrischen Gebilden geschieht, um dann durch ihr Verhältniß zu dem Nackenganglion das Verhältniß des Bauchstranges zu dem vorderen Schlundganglion vollständig zu repräsentiren. Allerdings ist der Bauchstrang der Anneliden durch die eingelagerten Ganglien ausgezeichnet, doch diese zeigen nicht bloß in ihrer Bildung und Entwicklung die größte Abhängigkeit von der Segmentirung des Körpers (die bei den Würmern mit getrennten Seitennerven höchstens in einer unvollkommenen Weise angedeutet ist), sondern fehlen auch vielleicht nicht einmal überall in den getrennten Seitennerven, wie wir aus einer isolirten Beobachtung abnehmen dürfen.

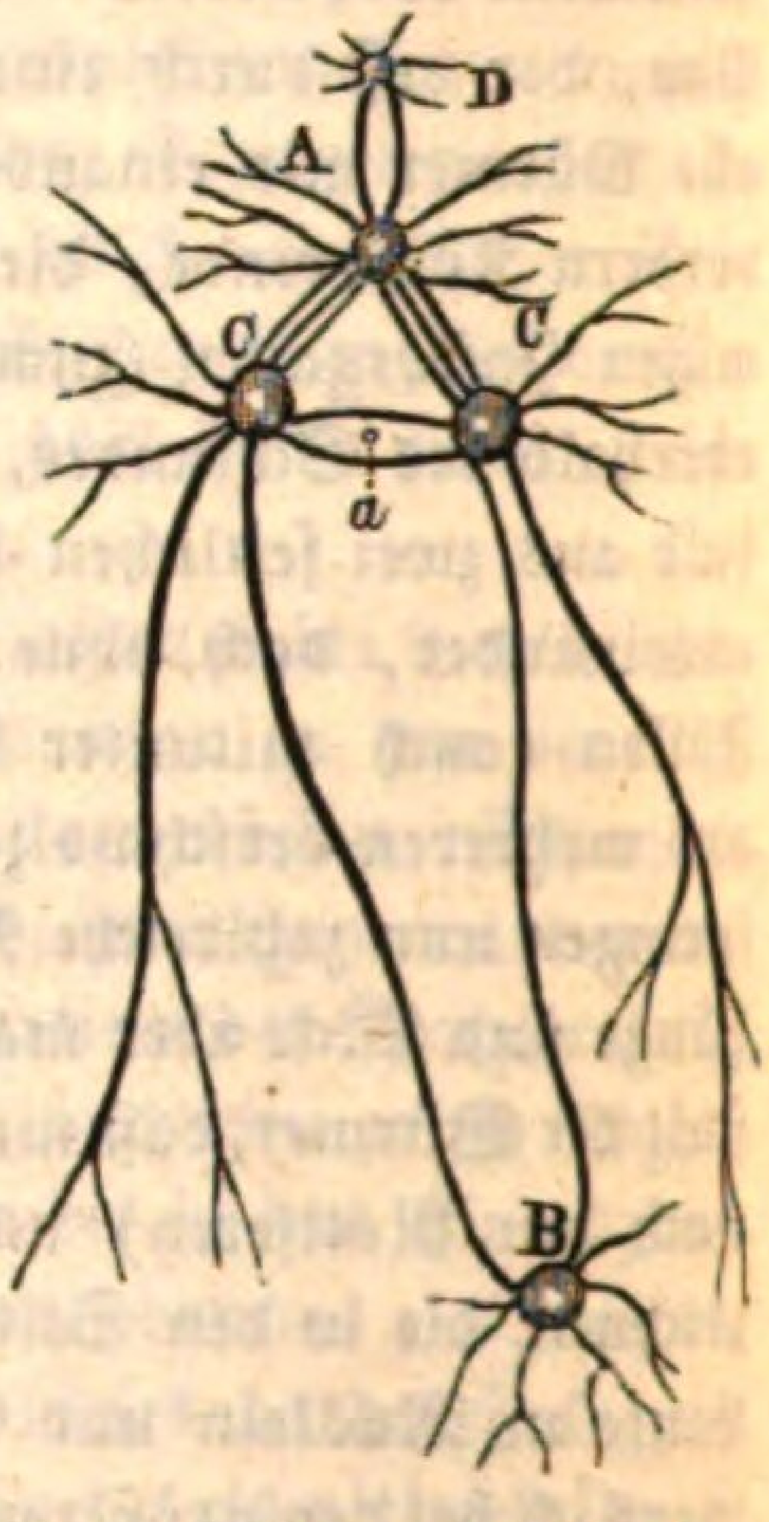
Ein sympathisches Nervensystem kennen wir bis jetzt nur bei den höher entwickelten, mit einer Bauchganglienkette versehenen Formen der Würmer. Es nimmt bei diesen aus dem obern Schlundganglion seinen Ursprung und erinnert hierdurch an die entsprechenden Nerven der Arthropoden, obgleich es nicht bloß, wie bei diesen, an der obern, sondern auch an der untern Fläche des Oesophagus sich verbreitet.

Bei den Mollusken finden wir einen andern sehr abweichenden Typus in dem Bau des Nervensystems. Die Centraltheile bestehen hier (Fig. 326) sehr allgemein aus drei Paaren von Ganglien, von denen das eine oberhalb des Oesophagus, die beiden andern an der Bauchfläche unterhalb des Darmkanals hinter einander liegen. Durch Längs- und Quercommissuren stehen diese Ganglien nun unter sich in innigstem Zusammenhang, so daß von einem jeden derselben eine Quercommissur für das entsprechende Ganglion der gegenüberliegenden Seite und außerdem zwei Längscommissuren für die beiden anderen Ganglien derselben Seite hervorkommen. Nur bei den Lamellibranchiaten fehlen die Längscommissuren zwischen den beiden unteren Ganglien.

Die peripherischen Nerven, die in diesen Ganglien wurzeln, haben eine verschiedene Verbreitung. Aus dem Schlundganglion entspringen die Nerven für die Lippen, Tentakel, Penis und Augen (wenn diese am Vordertheile des Körpers liegen), während die vorderen Bauchganglien, die sog. Fußganglien (g. pedalia), Gehörwerkzeuge und Locomotionsapparate versorgen und die hintern, die sog. Kiemenganglien (g. branchialia) an Mantel, Kiemen und Eingeweide ihre Nerven absenden.

Die Verschiedenheiten und Modificationen in der Entwicklung des Nervensystems bei den Mollusken lassen sich trotz ihrer großen Manchfaltigkeit leicht übersehen, sobald wir nur festhalten, daß die Länge der Commissuren zwischen den einzelnen Ganglien außerordentlich wechseln kann. Verkürzen sich die Quercommissuren, so rücken die Hälften der Ganglienpaare in der Mittellinie an einander, um zu einer gemeinsamen Masse zu verschmelzen, die in den meisten Fällen indessen immer noch (namentlich in den obern Schlundganglien) durch eine zweilappige Form ihre ursprüngliche Duplicität andeutungsweise bewahrt. — Ein weit abweichenderes Aussehen des centralen Nervensystems entsteht durch eine Verkürzung der Längscommissuren zwischen den einzelnen Ganglien, wie sie — offenbar in Uebereinstimmung mit dem innigeren Zusammenhang zwischen Fuß und Kopflappen — bei den höheren Mollusken, den Cephalopoden und Gasteropoden (mit Ausschließung einiger wenigen Arten, der Heteropoden, die eine abweichende Anordnung des Fußes, fast wie die Lamellibranchiaten haben, ganz allgemein stattgefunden hat. In solchem Fall sind vordere und hintere Bauchganglien einander genähert und weit nach vorn gerückt, so daß sie eine scheibenförmige Ganglienmasse bilden, die unterhalb des Oesophagus gelegen ist und nur durch diesen von den oberen Schlundganglien getrennt wird.

Fig. 326.



Nervensystem von Aplysia.

A Kopfganglion; *B* Kiemenganglion; *C* Fußganglion; *D* Sympathisches Ganglion.

Auf solche Weise bildet nun das centrale Nervensystem der höheren Mollusken einen ansehnlichen Schlundring (Fig. 327) mit oberen und unteren Ganglien, die durch doppelte Seitencommissuren (entsprechend der vordern und hintern Abtheilung der letztern — dem G. pedale und branchiale) unter sich zusammenhängen. Obere und untere Ganglien des Schlundringes verharren aber nicht bei allen Gasteropoden in dieser Lage. Wir kennen vielmehr manche Arten, in denen die unteren Ganglien durch ein Auseinanderweichen in der Medianlinie bis auf die obere Fläche des Oesophagus gerückt sind, wo sie dann mit den dort gelegenen oberen Ganglien in eine gemeinsame Masse von ansehnlicher Größe und lappiger Form verschmelzen (Nacktkiemer); andere, in denen durch eine gleiche Lagenveränderung der oberen Ganglien die gesammte ganglionäre Masse des Schlundrings an der untern Fläche gelegen ist (schalentragende Pteropoden). — Bei den Cephalopoden (Fig. 328) sind die Ganglien des Schlundrings von einer sehr beträchtlichen Größe, weit ansehnlicher (selbst bei den kleinsten Arten), als bei den übrigen wirbellosen Thieren. Trotzdem aber zeigen sie keinerlei Abweichung von dem typischen Bau der Gasteropoden. Als eine Eigenthümlichkeit verdient nur der Umstand einer Erwähnung, daß die zwei starken Nerven für den Mantel, die aus dem Kiemenganglion hervorkommen, in der Continuität ihres Verlaufes zu einem großen sternförmigen peripherischen Ganglion (e) anschwellen, von dem dann zahlreiche kleinere Nervenäste ausstrahlen. Auch die Armnerven besitzen da, wo sie aus den Fußganglien entspringen, eine starke ganglionäre Anschwellung. In ähnlicher Weise zeigen sich auch bisweilen an anderen peripherischen Nerven der höheren Mollusken ganglionäre Verdickungen, meistens am Ursprung, wie z. B. an den Sehnerven, dem Penisnerven mancher Gasteropoden u. s. w. — Die Lamellibranchiaten (Fig. 107) besitzen keinen solchen Schlundring, wie die höheren Mollusken, obgleich Anordnung und Verbindung der Ganglienmasse nicht verschieden ist. Der Grund davon liegt in der größern

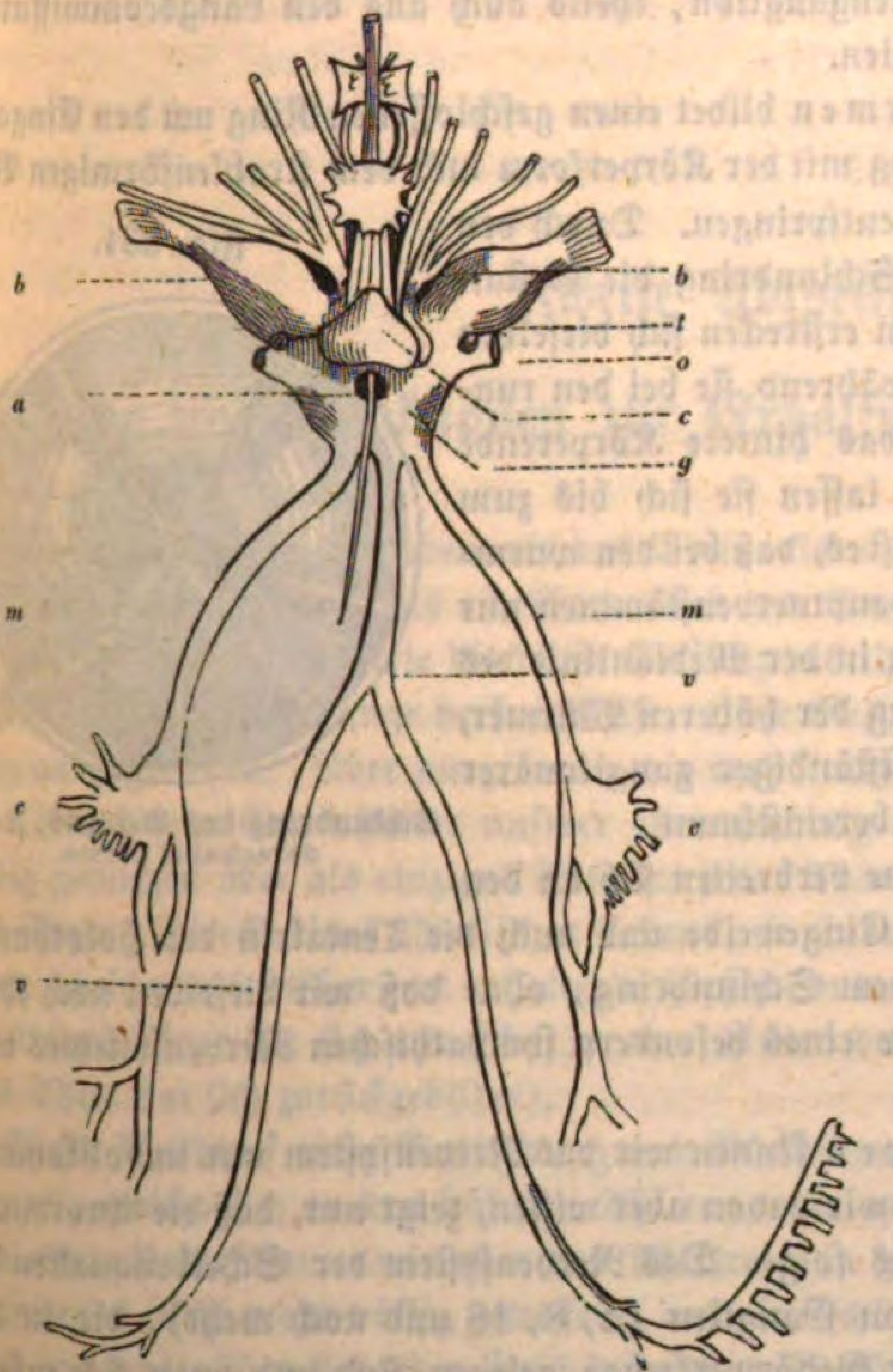
Fig. 327.



Schlundring von Natica heros.

Entfernung der einzelnen Centraltheile. Während das Schlundganglion seine gewöhnliche Lage behält, ist das Fußganglion an der vordern Basis des Fußes gelegen, das Kiemenganglion vor dem hintern Schließmuskel der Schalen. Auf solche Weise ist eine Art Nerven-

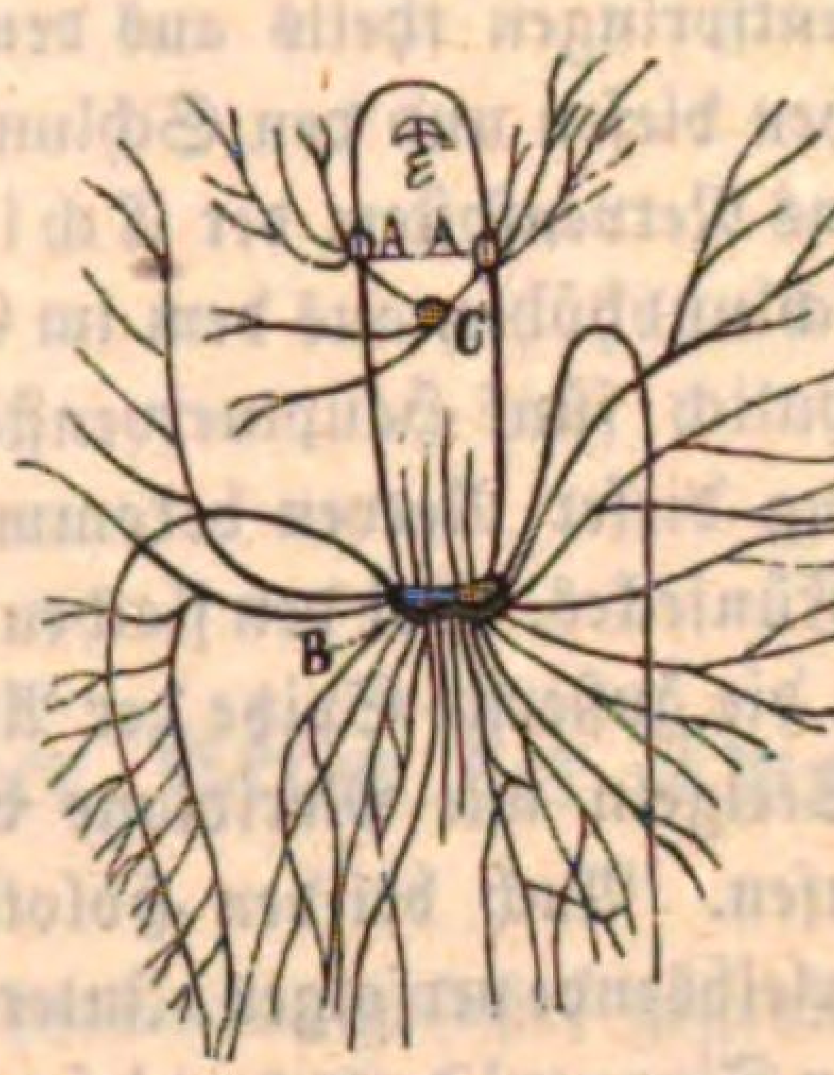
Fig. 328.



Nervensystem von Octopus.

a Sonde, die den Verlauf des Oesophagus anzeigt; *b* Fußganglienmasse mit den Vorsprüngen der Armnerven; *c* Oberschlundganglion; *g* Kiemenganglienmasse; *o* Sehnerven; *m* Mantelnerven mit den Ganglien *e*; *v* Kiemennerven; *e* Pharyngealtheil des sympathischen Systems.

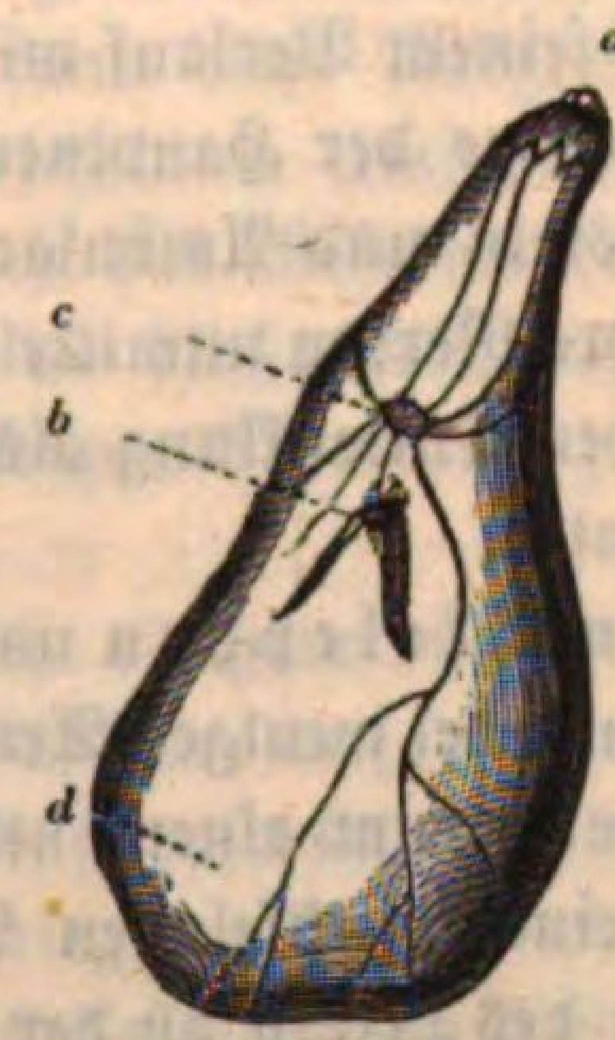
Fig. 329.



Nervensystem von Pecten.

A, A Oberschlundganglien; *B* Kiemenganglien; *C* Fußganglion; *E* Lage der Mundöffnung.

Fig. 330.



Nervensystem von Ascidia.

a Kiemenöffnung; *b* Kloaköffnung; *c* Kiemenganglion; *d* Muskelhülle des Mantels.

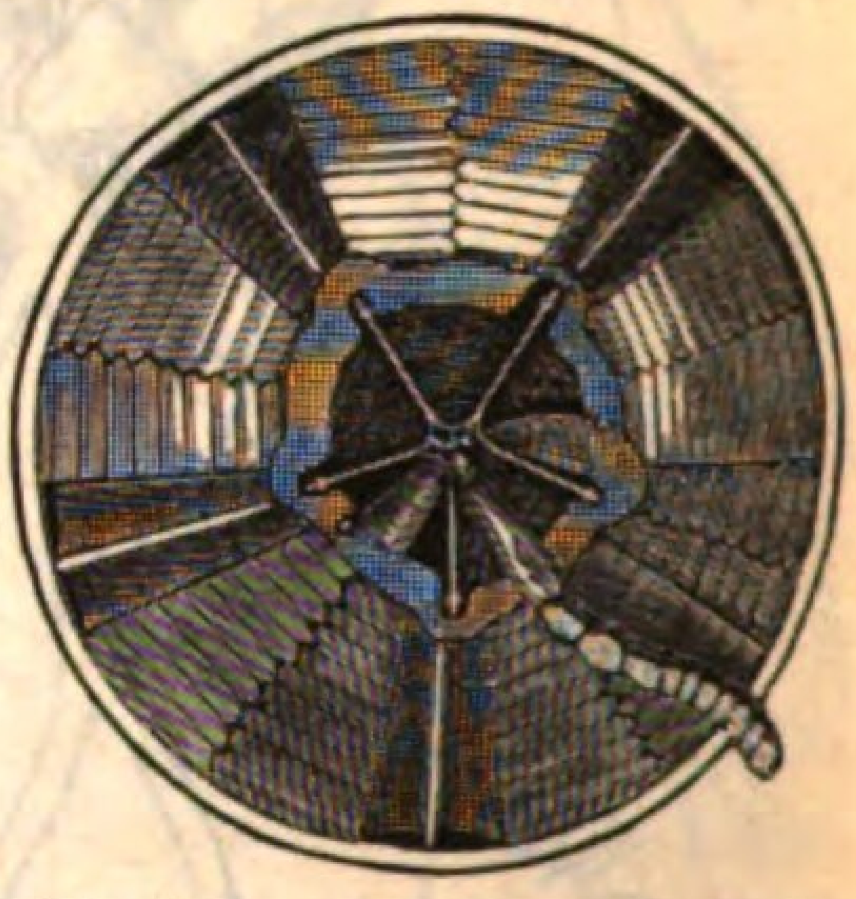
ring gebildet, der nicht allein den Schlund, sondern die gesammten Eingeweide des Abdomen umfaßt. Nur in einigen fußlosen Arten (Ostrea, Pecten) rücken die Fußganglien (Fig. 329. C) weiter nach vorn, bis unter den Schlund, um dann mit den oberen Schlundganglien ein förmliches Schlundhalsband zu bilden. Die Kiemenganglien dagegen behalten ihre Lage beständig. — Die Tunikaten sind durch den völligen Mangel der Fuß- und Schlundganglien ausgezeichnet. Sie besitzen nur ein einziges Ganglion (Fig. 330 c), das nach seiner Lage zwischen den beiden Körperöffnungen oberhalb der Eingeweide dem Kiemenganglion zu entsprechen scheint.

Ein besonderes Eingeweidenervensystem ist nur bei den höheren Mollusken vorhanden, hier aber von ansehnlicher Entwicklung und deutlich zu beobachten. Sein Haupttheil liegt an der untern Fläche des hintern Pharyngealabschnittes in Gestalt zweier kleiner Ganglien, die unter sich und mit dem Schlundring in Zusammenhang stehen. Die Zweige dieser Ganglien treten in die Muskelmasse des Schlundkopfes, an die Speicheldrüsen und den Oesophagus, auf dem sie bis zum Magen sich verfolgen lassen, wo sie bei den Cephalopoden ein neues Ganglion bilden. Es ist zweifelhaft, ob man diesem sympathischen System auch noch die aus dem Kiemenganglion hervorkommenden Eingeweidenerven zurechnen darf, durch welche die Leber und Genitalien, Herz und Kiemen versorgt werden. Durch die Art ihres Ursprungs

und ihrer Verästelung stimmen sie mit den übrigen peripherischen Nerven überein, obgleich sie eine unverkennbare Neigung zur Ganglien- und Plexusbildung besitzen. — Bei den Acephalen kennt man allerdings auch Eingeweidenerven, doch diese entbehren, wie es scheint, aller selbstständigen Centra und verhalten sich wie die gewöhnlichen peripherischen Stämme. Sie entspringen theils aus dem Kiemenganglion, theils auch aus den Längscommissuren, zwischen diesen und den Schlundganglien.

Das Nervensystem der Echinodermen bildet einen geschlossenen Ring um den Eingang zur Schlundhöhle, aus dem im Einklang mit der Körperform und dem strahlenförmigen Bau gewöhnlich fünf Hauptnervenstämme entspringen. Durch den Abgang dieser Nerven bekommt der Schlundring die Gestalt eines Fünfeckes. Bei den flachen Formen erstrecken sich dieselben bis in die äußerste Spitze der Arme, während sie bei den runden Seeigeln wie Meridiane bis in das hintere Körperende verlaufen. Auch bei den Holothurien lassen sie sich bis zum Hinterleibsende verfolgen. Interessant ist es, daß bei den wurmartigen Sipunculiden von diesen fünf Hauptnervenstämmen nur ein einziger sich erhalten hat, der dann in der Medianlinie des Bauches liegt, wie der Ganglienstrang der höheren Würmer, und selbst durch die Entwicklung selbstständiger ganglionärer Massen in seinem Verlauf mit diesen übereinstimmt.

Fig. 331.



Schlundring des Seeigels, *Echinarachnius parma*.

Die Zweige der Hauptnervenstämme verbreiten sich an den Körpermuskeln und Ambulacra. Die Eingeweide und auch die Tentakeln der Holothurien erhalten ihre Nerven unmittelbar aus dem Schlundring, ohne daß wir dieselben nach ihrer anatomischen Entwicklung als Elemente eines besondern sympathischen Nervensystemes auffassen könnten.

Bei den Akalephen und Polypen kennen wir das Nervensystem nur unvollkommen und auch nur bei wenigen Arten. Was wir davon aber wissen, zeigt nur, daß die Anordnung desselben wiederum einem neuen Typus folge. Das Nervensystem der Scheibenquallen besteht aus einer wechselnden Anzahl von Ganglien (4, 8, 16 und noch mehr), die in der Peripherie des Leibes an der Basis der Gehörwerkzeuge gelegen sind und unter sich zusammenhängen. Bei den Rippenquallen ist dagegen nur ein einziges Ganglion vorhanden, das am hintern Leibesende in der medianen Körperachse liegt und gleichfalls die Basis des Gehörapparates bildet. Auch bei den Polypen hat das Nervensystem eine Lage im hintern Körperende. Bei den Actinien wenigstens sieht man hier, in dem sogenannten Fuße, eine Anzahl von fünf ringförmig vereinigten Ganglien. — Die Ammen der Akalephen (Hydroiden, wahrscheinlich auch die Siphonostomen), deren Leibesmasse aus Sarcode besteht, ebenso die Protozoen, sind Thiere ohne Nervensystem.

Zweite Abtheilung.

Organe und Funktionen zur Erhaltung der Arten der Thiere.

Im ersten Abschnitte haben wir das Thier als ein Bestehendes aufgefaßt; gegenwärtig ist es unsere Aufgabe, es als ein Werdendes und Vergehendes darzustellen.

Wir mußten zeigen, wie die bloße Existenz des thierischen Wesens, indem sie mit einem gleichsam stetigen Vergange verknüpft ist, einer Reihe von Thätigkeiten bedarf, diesen Vergang auszugleichen. Aber nur, wenn wir verhältnißmäßig kurze Perioden aus dem Leben des Thieres zum Gegenstande unserer Untersuchung machen, kann diese Ausgleichung als völlig gelungen oder als einziges Resultat jener Thätigkeiten erscheinen. Umfaßt unser Blick eine längere Strecke eines thierischen Lebens, so finden wir, daß das Resultat der Thätigkeiten, welche uns bisher nur erhaltende hießen, entweder über die bloße Erhaltung hinausgreift (das Thier hat sich entwickelt), oder hinter der vollständigen Erhaltung zurückbleibt (das Thier hat sich zurückgebildet).

Dieser Ausdruck einer Ausbildung und Rückbildung entspricht einigermaßen den Erscheinungen, welche sich an den höheren Thieren, wie an dem Menschen, auf den ersten Blick darbieten. Ueberschauen wir aber das Thierreich in größerer Masse, so finden wir jene Bezeichnungen nicht mehr völlig zutreffend, und eine schärfere Ueberlegung Dessen, was mit uns selbst und uns näher stehenden Geschöpfen vorgeht, läßt uns auch das Bedürfniß einer andern Auffassung empfinden. Allerdings erhebt sich jedes thierische Leben aus einem kleinsten Anfange und geht zuletzt in völlige Auflösung zurück. Aber die Erscheinungen, welche sich in der Zwischenzeit an ihm offenbaren, sind allzu manchfaltig, um als ein bloßes Ansteigen zur Höhe des Lebens und Herabsinken von derselben aufgefaßt zu werden. Wir könnten die Art der Bezeichnung vielleicht geeignet finden, wenn wir z. B. an den Lebenslauf von Lepidopteren und anderen Insekten denken. Wenn die gefräßige, kriechende Raupe durch den Schlaf des Puppenzustandes zum Schmetterlinge geworden ist, so erblicken wir hier wohl gern das Ziel aller bisherigen Thätigkeit in dem lebhaft beweglichen, farbengeschmückten, geschlechtsreifen Thiere, welches nach kurzer Zeit wieder der Vernichtung anheimfällt. Aber die Natur kennt auch ganz andere Combinationen. Betrachten wir nur die parasitischen Crustaceen. Sie verlassen als lebhaft bewegliche Thierchen das Ei, suchen dann aber nach einiger Zeit sich auf irgend einem andern Thiere einen Wohnplatz, um dort, in ein unförmliches, unbewegliches Wesen verwandelt, der Ernährung und Fortpflanzung zu leben. Es bleibt einer späteren Stelle vorbehalten, einen umfassenden Blick auf die Manchfaltigkeit der Erscheinungen im Lebensverlaufe der verschiedenen Thiere zu gewähren. Das Gesagte genügt, um zu zeigen, daß in der künstlichen Organisation des Thieres Ausbildung und Rückbildung gleichzeitig fortschreiten, in einem Theile des Organismus diese, im andern jene Richtung vorherrscht. Nur am Anfange und Ende eines jeden Lebens fallen nothwendig diese verschiedenen Richtungen in einen Punkt zusammen. Zwischen beiden Punkten herrscht stete Umwandlung, **Metamorphose**, der wir nur durch ein (stets etwas willkürliches) Heraus-

greifen eines Momentes (z. B. der vollen Geschlechtsreife) einen Höhepunkt abgewinnen können. Worauf nun aber diese Metamorphose beruht, ist uns verborgen; wir müssen uns bis jetzt fast ganz darauf beschränken, zu erforschen, was sie ist. Jedes Nachdenken jedoch über ihre ursächliche Vermittelung führt uns nothwendig auf eine Berücksichtigung der kleinsten Theile des Körpers und ihrer chemischen Beschaffenheit zurück. Es bedarf für uns keines Beweises, daß die Veränderungen der Form des Körpers, die Bildung der verschiedenen Organe u. s. w. schließlich nur auf Bedingungen beruhen können, welche in der Natur und dem Zusammenwirken der kleinsten Theile des Körpers gegründet sind. Als wir die Ernährung des Thieres besprachen, mußten wir auf die Gewebtheile des Körpers, ihre chemische Beschaffenheit, ihre Lebensthätigkeit, Zersetzung und auf die Fähigkeit derselben, sich durch Anziehung des Gleichartigen aus der Gewebsflüssigkeit zu ergänzen, zurückgehen.

Wir hätten die einzelnen Partikelchen der Gewebe insofern mit Krystallen vergleichen können, als auch ein Krystall, wenn man ihn abwechselnd der Wirkung einer dünneren und einer dichteren Mutterlauge aussetzte, dabei bald zu-, bald abnehmen und sich so durchschnittlich gleich erhalten könnte. Bei den Gewebetheilchen beruht nun dieses Auflösen und Wiederbilden nicht auf einem Wechsel der Beschaffenheit der Mutterlauge oder Bildungsflüssigkeit, sondern auf Wechseln des eigenen Zustandes.

Nun müssen wir aber noch einen weiteren Unterschied zugestehen: daß der Krystall unter den bezeichneten Verhältnissen nach unzähligen Wechseln stets wieder genau dieselbe Beschaffenheit würde haben können, während die kleinsten Theile des Körpers offenbar eine allmälig fortschreitende Umänderung erleiden. Dieß halten wir für völlig sicher, da nicht bloß der Körper größer oder kleiner wird, nicht bloß dieses oder jenes Organ entsteht oder vergeht, sondern die Theile des Körpers, welche immer dieselben zu bleiben scheinen, z. B. die Muskeln, Knochen, Nerven, offenbar in ihren Funktionen, folglich auch in ihrer Beschaffenheit sich ändern. Freilich sind die Knochen unter diesen Theilen die einzigen, an welchen wir direkt eine Veränderung chemisch nachweisen können; von den Nerven und Muskeln sind uns nur gewisse mit dem Alter fortschreitende Aenderungen der physischen Merkmale bekannt, ohne daß wir einen chemischen Grund davon anzugeben wissen. Aber wir hoffen, daß es einst möglich seyn werde. Bevor jedoch dieß der Fall ist, werden unsere Vorstellungen von den Ursachen der Metamorphose, welche endlich zum Tode führt, sich auch wohl nicht weiter ausbilden können. Bis jetzt müssen wir uns mit der Erkenntniß begnügen, daß, so gewiß die Thätigkeit des thierischen Körpers in jedem Augenblicke das Resultat der Kräfte aller seiner kleinsten Theile ist, eben so gewiß auch dieser Bestand aller kleinsten Theile in einem Augenblicke die Ursache des etwas veränderten Bestandes im folgenden seyn muß.

Bei Weitem vortheilhafter ist es bei dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse bestellt mit der teleologischen Beurtheilung des Lebensverlaufes. Fragen wir, weßhalb wohl nicht die ganze lebende Schöpfung aus beständigen unveränderlichen Gliedern zusammengesetzt sey, welche weder Jugend noch Alter kennen, so stoßen wir nach allen Seiten auf Absurditäten, an welchen eine solche Schöpfung scheitern müßte. Pflanzen, welche sich gar nicht änderten, hätten von vorne herein gar keinen Sinn. Von den Thieren würden nach kurzer Zeit nur noch die stärkeren Fleischfresser übrig seyn und dann sich gegenseitig aufreiben müssen. Aber auch abgesehen von der Unmöglichkeit des Naturhaushaltes, bei jener Forderung zu bestehen, ist es leicht ersichtlich, daß solche thierische Individuen, welche den Keim des Todes nicht in sich trügen, dennoch allmälig durch äußere Einflüsse abgenutzt werden würden. Alle Unfälle, welche auf das einzelne Thier oder den Menschen im Laufe des Lebens verletzend, verstümmelnd einwirken, würden mit um so größerer Sicherheit sich allmälig an jedem Individuum anhäufen, je länger dasselbe lebte.

Wir begreifen nach dieser letzten Bemerkung die Nützlichkeit der Einrichtung eines steten Entstehens und Vergehens der Individuen auf eine analoge Weise, wie wir einen Theil des Stoffwechsels wenigstens als nützlich verstehen, wenn wir auch seine Ursache nicht einzusehen

vermögen. Während wir nämlich allerdings den Wechsel des Stoffes in den eigentlich thierisch thätigen Organen, den Nerven und contractilen Theilen, aus der Zersetzbarkeit und der durch Thätigkeit herbeigeführten Zersetzung zu verstehen glauben, trifft dasselbe nicht zu bei dem Wechsel der Haare, Zähne, Federn, Epithelien, Epidermis, bei den Chitinhäuten u. s. w. Wir können nur behaupten, daß die Zustände der Matrix der Haare, Zähne u. s. w. sich allmälig ändern, daß die Epidermiszellen und andere einen Lebensverlauf haben, dessen Ende ihre Ablösung herbeiführt u. s. w.

Es gibt also eine Menge von untergeordneten Theilen des thierischen Körpers, welche einen eigenen kurzen Lebensverlauf haben. Auch von diesen Metamorphosen können wir nicht die Ursache angeben, aber einen Zweck sehr wohl: denn wie sehr würden nicht diese Theile während des Lebens des Thieres an Brauchbarkeit durch abnutzende äußere Einflüsse verlieren, wenn sie dem Thiere nur ein für allemal gegeben und nicht gleich darauf berechnet wären, verloren zu gehen und ersetzt zu werden.

Etwas Aehnliches wie für die Thiere und für diese Theile der Thiere ist auch wohl für die hinfälligen Theile der Pflanze zu sagen, bei welchen wohl noch am ersten etwas über das Wie dieser Vorgänge zu ermitteln seyn möchte.

Die lebende Schöpfung wird also erhalten, indem die einzelnen Geschöpfe, an sich vergänglich, die Fähigkeit besitzen, andere, ihnen ähnliche, in's Leben zu rufen. — Unsere Aufgabe stellt sich hiernach so, daß wir erst die Verhältnisse zu betrachten haben, durch welche neue thierische Individuen entstehen, worin die Zeugung eine Hauptrolle spielt, dann einen kurzen Ueberblick der Metamorphose der Thiere folgen lassen, welche mit dem befruchteten Dotter anhebt und mit dem Tode oder mit der letzten Form des Thieres endigt.

Erster Abschnitt.

Die Entstehung der Thiere.

Es ist allgemein bekannt, daß die Thiere, so weit wir ihre Entstehung beobachten können, sich stets aus einem Stoffe bilden, welcher im Körper von Thieren derselben Art gebildet worden ist. Aber freilich haben wir noch von vielen Thieren keine genaue Kenntniß über ihre Entstehung, und es hat durch diesen Umstand die Vermuthung immer noch einigen Raum, daß es auch eine Entstehung von Thieren ohne die genannte Vorbedingung gebe, daß unter gewissen günstigen Bedingungen (Wärme, Licht, Luftzutritt) sich thierische Wesen aus verschiedenen organischen Substanzen bilden können, welche auch von ganz anderen Organismen herrühren. So denkt man sich namentlich die Entstehung von Eingeweidewürmern aus dem Darmschleime od. dgl., die Bildung von Infusorien aus thierischen, in Zersetzung begriffenen Flüssigkeiten u. s. w.

Die Wirklichkeit dieser Art von Entstehung der Thiere (sowie auch der Pflanzen), welche man Urzeugung, generatio spontanea, heterogenea, aequivoca nennt, ist aber keineswegs allgemein anerkannt, sondern seit längerer Zeit ein Gegenstand der manchfaltigsten Einwendungen gewesen. In älteren Zeiten unbedingt und in weitestem Sinne zugelassen (so daß man sogar Wirbelthiere, Kröten, Fische auf diese Weise entstehen ließ), hat sich der Kreis, für welchen sie geltend gemacht werden will, immer mehr eingeengt und es sind gegenwärtig viele und bedeutende Naturforscher geneigt, eine solche Urzeugung ganz und gar zu verwerfen.

Da eine reine Entscheidung dieser Frage nicht möglich ist, müssen wir kurz die von beiden Seiten vorgebrachten Beweisgründe andeuten. Was man zu Gunsten der Urzeugung angibt, das besteht fast durchaus aus negativen Gründen. Ließ man sie im Alterthume für einen weiten Kreis des Thierreiches gelten, so war der Grund davon ganz einfach die Unkenntniß der wahren Ent-

stehungsweise dieser Thiere. In unserer Zeit beschränkt sich die Annahme mehr und mehr auf die Entstehung solcher Thiere und auf die Entstehung derselben unter solchen Umständen, daß eine Fortpflanzung nicht nachgewiesen werden kann, auch wohl aus gewissen Gründen unwahrscheinlich gefunden wird. Es sind ganz besonders die Infusionsthierchen und die Eingeweidewürmer, auf welche man sich beruft. Man macht sehr leicht die Erfahrung, daß in Flüssigkeiten, welche entschieden kein lebendes Wesen enthalten (z. B. gekochtem oder destillirtem Wasser), binnen kurzer Zeit eine große Menge derselben angetroffen wird. Man setze ein Glas mit solchem Wasser, welches einige organische Substanzen, Theile von Pflanzen oder Thieren enthält, in passende Bedingungen der Wärme u. s. w., so wird man alsbald diese Beobachtung machen können. Gegen die Beweiskraft solcher Versuche ist nun aber mit Recht eingewendet worden, daß die Keime dieser kleinsten Thiere sehr leicht durch die Luft herbeigeführt seyn konnten. Diese Vermuthung liegt in der That aus manchen Gründen so nahe, daß man die Urzeugung hier wohl völlig entbehren kann. Bedenkt man die Verbreitung dieser kleinsten Organismen, so ist es nicht eine Hypothese, sondern eine Nothwendigkeit, anzunehmen, daß bei dem Austrocknen jeder Pfütze, welche einige Zeit bestanden hat, eine ungeheure Menge dieser kleinen Thierchen (und Keime) als feinster Staub den vertrockneten Boden bedecken. Es ist ferner keine Hypothese, sondern eine Nothwendigkeit, daß von diesem feinsten Staube sich bei jedem leisesten Luftzuge ein Theil in die Atmosphäre erhebt. Beachten wir nun, wie manche kleine, aber im Sonnenstrahle doch noch mit bloßen Augen sichtbare Theilchen (Sonnenstäubchen) sich in der Luft schwebend erhalten, so versteht sich ferner ganz von selbst, daß jene, weit über die Grenzen unserer Gesichtsschärfe hinaus liegenden Partikelchen sich für sehr lange Zeit in der Luft erhalten, daß sie von jedem trockenen Orte, auf welchem sie sich einmal niedergelassen haben, leicht wieder sich erheben können, daß somit eine ungeheure Menge sich jederzeit in der Luft befinden und daß jede kleine Wasserfläche nach den Regeln der Wahrscheinlichkeit binnen Kurzem immer von einigen solcher Körperchen erreicht seyn wird. Dieß ist eben so gewiß in Beziehung auf einen solchen unsichtbaren Staub, als es erfahrungsgemäß ist, daß auf jeder polirten, der Luft ausgesetzten Fläche binnen Kurzem sich ein s i c h t b a r e r Staub zeigt. Wenn Jemand diese Reihe von Schlüssen nicht zugeben wollte, so würde man kaum umhin können, ihn eines Mangels an zusammenhängendem Denken zu beschuldigen, und es ist lediglich eine, allerdings dankenswerthe, Häufung der Beweise, wenn man durch mikroskopische Untersuchung des Staubes zu demselben Resultate zu kommen strebt. Man kann also einer solchen Zufuhr von Infusorienstaub durchaus nicht anders entkommen, als wenn man einen völlig hermetischen Verschluß der Aufgüsse anwendet. Dieß hat man gethan und dann entstehen keine Infusorien, vorausgesetzt, daß man die nöthigen Maßregeln angewandt hatte, um die in der Infusion oder in der mit der Infusion zusammen eingesperrten Luft etwa vorhandenen Keime zu tödten. So lange die kleinste Oeffnung bleibt, sobald nur ein Riß in der Wand des Glases sich befindet, ist nicht bloß die Möglichkeit, sondern die Nothwendigkeit des Zudringens von Infusorienstaub gegeben. *)

Es wäre also nur die Frage zu erledigen, welche sich wohl während des Vorigen jedem Leser gestellt haben wird: ob man denn berechtigt sey, anzunehmen, daß solche mehr oder

*) Durch eine sehr kleine Oeffnung, vermittelst deren die Luft in einem solchen Gefäße mit der äußern Luft zusammenhängt, wird freilich die Wahrscheinlichkeit des H i n e i n f a l l e n s des Staubes eine beschränktere und um so mehr, wenn diese Oeffnung ungünstig gelegen (nicht nach oben gewandt) ist. Ich gestehe, daß es mich stutzig gemacht hat, als ich sah, wie unter mehreren hermetisch verschlossenen Gläsern mit Aufgüssen, in welchen sich durchaus Nichts bildete, in einem einzigen alsbald eine Trübung auftrat, da sich ein feiner Riß gebildet hatte. Erst später sah ich ein, daß durch solche feinste Oeffnungen, j e n a c h d e n T e m p e r a t u r w e c h s e l n, Luftströme aus- und einstreichen müssen, um so heftiger, je feiner die Oeffnungen sind. Diese reißen dann natürlich im Einströmen den Staub mit sich in das Gefäß. (Die Versuche, welche mir Gelegenheit zu dieser Beobachtung gaben, wurden in unserm physiologischen Institute von Merklein ausgeführt.)

weniger ausgetrocknete Thiere oder Keime durch Befeuchtung wieder ins Leben gerufen werden könnten?

Diese Berechtigung scheint aber experimentell außer Zweifel gesetzt zu seyn, und wir erkennen somit hier in der thierischen Welt ein ganz ähnliches Mittel der Verbreitung, wie in der pflanzlichen. Viele Pflanzen sind im Samenzustande durch anhängende Flugapparate ebenfalls dazu geeignet, den leichtesten Luftströmungen zu folgen. Wohin aber auch nur sehr wenige Infusorien gelangt sind, da kann man bei ihrer ungeheuren Vermehrung schon nach wenigen Tagen Millionen finden, und somit ist es unter keinen bis jetzt bekannten Umständen schwierig (oder gar unmöglich!), die Infusorien, welche sich in Aufgüssen zeigen, von Thieren derselben Art abzuleiten.

Etwas anders verhält es sich mit manchen Eingeweidewürmern. Wenn wir auch für diese eine Urzeugung zweifelhaft finden, so können wir doch nicht, wie bei den Infusorien, eine und dieselbe Art der Verbreitung derselben, als für alle bekannten Fälle genügenden Aufschluß gewährend, ansehen, sondern müssen uns hie und da mit Andeutung von Wahrscheinlichkeiten und Möglichkeiten begnügen. Doch ist auch das schon viel, in so weit die Annahme der Urzeugung nur auf negativen Gründen, auf vorgeblichen Unwahrscheinlichkeiten oder Unmöglichkeiten beruht. Und gewiß ist es, daß manche der angeblichen Schwierigkeiten schon jetzt beseitigt sind, andere doch durchaus nicht als hoffnungslos erscheinen.*)

Man hat es schwierig oder unmöglich gefunden, zu erklären, wie manche Parasiten überhaupt in ein bestimmtes Thier hineinkommen können, indem es scheint, daß dieselben keinen Augenblick außerhalb ihres einen Wohnortes, des Darmes bestimmter Thiere, leben können. Wie ist es möglich, daß ein solches Geschöpf aus dem Darme eines Thieres in den Darm eines andern gelange? Man hat zweitens eine Hauptstütze der Urzeugung darin gefunden, daß Parasiten in geschlossenen Höhlen des thierischen Körpers vorkommen. Wie sollten sie dahin gelangt seyn? Sie müssen sich daselbst erzeugt haben. Endlich hat man Gewicht darauf gelegt, daß gewisse Parasiten der Fortpflanzung unfähig sind, oder zu seyn scheinen. — Es sind dieses Gründe, die in der That längere Zeit für eine sehr bedeutende Stütze der Lehre von der Urzeugung gelten konnten, in neuerer Zeit aber sehr an Gewicht verloren haben.

Man hat verschiedene Arten von Wanderungen der Eingeweidewürmer kennen gelernt, bei welcher sie sich theils mehr activ, theis mehr passiv erhalten. Eine active Wanderung ist von manchen Helminthen der Thiere bekannt, welche im Wasser leben. Diese Helminthen haben einen Formenwechsel, und sind auf einer Stufe ihrer Metamorphosenreihe bestimmt, sich frei im Wasser zu bewegen, während sie zum Behufe weiterer Umbildung sich in ein Thier einnisten und daselbst allerdings eine Gestalt annehmen, in welcher sie sich nicht mehr eignen, ihr Wohnthier zu verlassen. Aber im Wege der Zeugung kommen dann immer wieder die zum Wandern geeigneten Formen zum Vorschein und somit ist die Verbreitung dieser Thiere kein Räthsel. Eine passive Wanderung nennen wir die ebenfalls außer Zweifel gesetzte Erscheinung, daß manche Eingeweidethiere, wenn ihr Wohnthier von einem Raubthier verzehrt wird, sich in dessen Gedärmen fortentwickeln. Ja es scheinen auf diese Weise regelmäßige Wanderungen vorzukommen, durch mehrere Thierarten hindurch, welche in dem Verhältnisse zu einander stehen, daß immer die vorhergehende die regelmäßige Speise der folgenden bildet.

Auf diese Weise würden nun freilich solche Thiere, die weder im Wasser leben, noch lebendige Thiere verzehren, immer noch keine Eingeweidewürmer bekommen. Wer möchte aber wohl für diese allein die Annahme einer Urzeugung festhalten wollen, wenn sie sonst überall wankend gemacht ist? Da liegt doch der Gedanke zu nahe, daß wir ebensowohl, als

*) Hierüber wird Leuckart (Parasitismus und Parasiten, im Archiv für physiologische Heilkunde 1852) nächstens neue Mittheilungen machen.

wir die jetzt erwähnten Arten der Wanderung nicht errathen konnten, sondern aus der reichen Natur lernen mußten, auch das noch finden werden, wie die Eingeweidethiere in den Darm der Kräuterfresser gelangen! Können diese nicht mit dem Wasser, welches sie saufen, oder ihrem Futter irgendwie beigemengt, die Keime jener unwillkommenen Gäste erhalten? Das sind wenigstens naheliegende Möglichkeiten; und die Wege der Natur sind so unendlich mannichfaltig! (Man erinnere sich unter andern, wie die Larven der Oestrus in den Magen von Krautfressern gelangen.)

Ein sehr wichtiger Umstand ist für die Beurtheilung dieser Frage die ungeheure Fruchtbarkeit mancher Eingeweidethiere.

Die Bandwürmer z. B. besitzen in jedem ausgebildeten ihrer zahlreichen Glieder (die eben darum als eben so viele Thiere betrachtet werden können) einen doppelgeschlechtlichen Apparat, welcher eine Menge von Keimen bildet, so daß durch einen einzigen Bandwurm im Laufe der Zeit zahllose entwicklungsfähige Eier gebildet werden. Mag man nun auch in Verlegenheit seyn, anzugeben, auf welche Weise ein solches Ei oder kleines Individuum in den Darm namentlich eines Menschen gelangen soll, so muß doch jeder Anhänger der Urzeugung zugeben, daß eben jene ungeheure Menge von Eiern darauf hindeutet, wie für die Verbreitung dieser Geschöpfe auf seltsame Zufälligkeiten gerechnet seyn kann, so daß Tausende von Keimen zu Grunde gehen dürfen, ehe einer an eine seiner Ausbildung günstige Stätte gelangt. Zufälligkeiten zu bezeichnen, welche möglicher Weise den Transport bewirken könnten, ist selbst gar nicht schwer. Die einzelnen lebenden eierhaltigen Glieder der Bandwürmer finden sich in den Excrementen. Es ist uns nun gar nicht unbekannt, daß es Insekten, namentlich Dipteren gibt, welche sich auf allen möglichen animalischen Stoffen niederlassen, auf solche Auswürfe des Körpers ebensowohl, als auf kalte Fleischspeisen u. s. w. Somit sind wir vor den widrigsten Verunreinigungen dieser Nahrungsmittel keineswegs sicher und können sehr leicht auch das Ei eines Bandwurms verzehren, welches an den Extremitäten einer Fliege hängen geblieben war. Bekanntlich bedient sich die Natur gerade desselben Mittels, des Transportes durch Insekten, um den Samenstaub mancher männlichen Blüthen auf die davon entfernten weiblichen zu tragen.

Ebenso wenig, als das Hineingelangen von Helminthen in thierische Individuen, ist uns das Vorkommen derselben in geschlossenen Höhlen ein undurchdringliches Räthsel. Ebensowohl, wie manche Thiere die Mittel besitzen, von Außen in den Körper anderer sich einzubohren, ihre Eier in die Wunde zu legen u. s. w., ebensowohl gibt es Eingeweidethiere, welche vom Darme aus sich Wege durch den Körper bahnen. Dergleichen Wanderungen sind keine Vermuthung, sondern Gegenstand der Beobachtung. Nun gibt es freilich gewisse Formen, welche nur im Innern gewisser Gewebe, im Zellgewebe, in den Muskeln, im Gehirn u. s. w. vorzukommen scheinen. Unter diesen finden sich auch die zu Anfang erwähnten, der Fortpflanzung unfähigen Thiere. — Von diesen läßt sich aber, theils mit großer Wahrscheinlichkeit, theils mit Gewißheit sagen, daß sie nur eine Stufe einer Metamorphosenreihe darstellen, deren Fortsetzung wir in anderen Theilen des Thiers zu suchen haben, während andere geradezu als verirrt und ausgeartet zu bezeichnen sind. Genaueres über diese Verhältnisse weiter unten, bei der Uebersicht der Metamorphosen der verschiedenen Thiere.

Wir dürfen hier wohl die Besprechung der Urzeugung, so weit es sich um Erfahrung handelt, mit der Behauptung schließen, daß diese Hypothese, wenn sie wieder zu einem größeren Ansehen gelangen sollte, nur durch neuere Gründe und Beobachtungen dahin kommen kann.*) Nur das sey noch erwähnt, daß man allerdings auch versucht hat, der

*) Aeltere Vertheidiger der Urzeugung häufen freilich noch gar manche Gründe zusammen. Aber die Schwäche derselben ist zu sehr anerkannt, als daß wir es nicht für Zeitverlust halten müßten, uns auf eine Aufzählung derselben einzulassen.

Begründung der Urzeugung einen mehr positiven Charakter zu geben, indem man zu beweisen suchte, daß ein schöpferisches Vermögen in der Natur enthalten seyn müsse. Man beruft sich darauf, daß doch alle lebendigen Wesen unserer Erde einst aus solchen Bedingungen hervorgegangen seyn müssen, welche in der irdischen Natur lagen, und daß man ein solches, der Natur eigenes Vermögen zur Hervorbringung organischer Geschöpfe ohne Aeltern doch nicht als verloren gegangen betrachten könne. Daß es ungemein geschwächt sey, müsse man freilich zugeben, aber ein völliger Verlust sey nicht begreiflich. Offenbar begibt man sich aber mit dieser Argumentation auf einen sehr schlüpfrigen Boden. Wir müssen eingestehen, über die Bedingungen, unter welchen unsere Thier- und Pflanzenformen haben entstehen können, gar keine der Erfahrung entnommenen Begriffe zu besitzen, und lehnen es wohl richtiger ganz ab, über diese Bedingungen etwas Weiteres zu sagen, als daß sie vorhanden gewesen seyn müssen, daß wir aber für ein noch heute fortdauerndes Wirken derselben den Beweis aus der Erfahrung verlangen.

Die Entstehung der Thiere durch Fortpflanzung.

So weit die Erfahrung reicht, ist die Bildung neuer thierischer Individuen an die Existenz anderer Individuen derselben Art geknüpft. Ueberall sind die Bedingungen der Bildung des organischen Stoffes, der Bildung desselben gerade in der Beschaffenheit, welche erforderlich ist, damit er sich zum Bestandtheile eines bestimmten Thieres oder einer Pflanze eigne, an das Vorhandenseyn eben solcher Thiere und Pflanzen geknüpft, wie wir aus dem ersten Theile dieser Schrift und namentlich aus der Lehre von der Verdauung wissen. So müssen nun auch neue Individuen auf Kosten eben der Thätigkeit sich bilden, auf welchen das Leben der vorhandenen beruht. Die ernährenden Thätigkeiten im weitesten Sinn: Herbeischaffung und Einverleibung der Nahrung, Verdauung u. s. w. müssen zu einer Zeit des Lebens über das hinauswirken, was zur Erhaltung (oder zum Wachsthum) des Thieres selbst nöthig ist, es muß in bestimmter Form ein Ueberschuß an Stoff sich bilden, welcher zur Entstehung neuer Individuen benutzt wird, bis sich dieselben selbstständig fortzuernähren vermögen. Dadurch, daß neue Individuen auf solche Weise entstehen, werden sie nicht nur zu Individuen derselben Art, als ihre Aeltern, sondern sie erhalten noch weit speciellere Bestimmungen, welche sich als Fortpflanzung von Raceneigenthümlichkeiten, Familienähnlichkeiten, Erbkrankheiten im Leben des Menschen und seiner Hausthiere am meisten kenntlich machen, aber auch der ungezähmten Thierwelt nicht fremd sind. Die Fähigkeit der Fortpflanzung, insofern sie die Erhaltung der Art zum Zwecke hat, muß in einem bestimmten Verhältnisse zur D a u e r h a f t i g k e i t der Individuen dieser Art stehen; je geringer letztere ist, um so größer ist nothwendig jene. Die Dauerhaftigkeit der Individuen beruht ihrerseits auf mehrfachen Verhältnissen. Wir verstehen darunter nicht bloß die unter günstigen Verhältnissen mögliche Lebensdauer, welche den verschiedenen Thieren so verschieden zugemessen ist; diese bildet vielmehr nur einen einzelnen Faktor der Dauerhaftigkeit, ist nur für solche Thierarten ziemlich allein entscheidend, welche wegen ihrer Größe und Kraft oder anderer Hilfsmittel sehr wenig von Gewaltangriffen anderer Thiere zu fürchten haben. Bei allen übrigen Thieren wird die Dauerhaftigkeit sehr wesentlich mitbestimmt durch das Maaß von Verfolgung, welchem sie im Naturleben ausgesetzt, durch die Mittel, vermöge deren sie diese Verfolgung abzuwehren oder sich ihr zu entziehen im Stande sind.

Außer der Kraft, welche zum Kampfe oder zur Flucht oder zum Eingraben in die Erde u. s. w. benutzt werden kann, ist hier zu erinnern an die Mittel des passiven Widerstandes (äußeres Skelet, harte oder dornige Bedeckungen), an die Unscheinbarkeit der Farben, durch welche manche Thiere der Verfolgung weniger ausgesetzt sind, an die giftigen Säfte auf der Haut anderer (Kröten u. s. w.), an die manchfachen Instinkte, welche für die Sicherheit der Thiere thätig sind, und sich bald für das einzelne Thier, bald für seine Brut, bald, bei

gesellig lebenden Thieren, für eine Gemeinschaft geltend machen im Aufsuchen unzugänglicher Orte, Bau von Nestern und Höhlen, Todtstellen, Zusammenkugeln, Vertheidigung, (gegenseitiger oder der hülflosen durch die stärkeren) u. s. w.

So manchfaltig alle die Verhältnisse sind, von welchen hiernach die Dauerhaftigkeit der Thierarten abhängt, so ist doch die Größe der verschiedenen Arten nicht ungeeignet, im Allgemeinen einen ganz rohen Maaßstab für dieselbe abzugeben, da diese in mancher Hinsicht Vortheile gewährt, und es ist daher auch schon eine alte Bemerkung, daß im Allgemeinen die auf Vermehrung der Individuenzahl gerichtete Thätigkeit um so energischer wirkt, in gleichen Zeiten um so größere Zahlen von Jungen hervorbringt, je kleiner die Thiere sind. Diese große Thatsache der Natur, aus dem eben Gesagten ihrem Zwecke nach begreiflich, hat nun auch, wie uns scheint, in Beziehung auf die Art, wie sie zu Stande kommt, aus unserem ersten Theile mehrfaches Licht empfangen. *) Es sind zwei Verhältnisse besonders, auf welche wir uns hier zurück beziehen müssen: das Verhältniß der Darmfläche zum Körpervolumen und die Verhältnisse zwischen dem Volumen der Muskeln und Skelettheile und ihren Leistungen. Die Absorption der Nahrung im Darme beruht wesentlich auf der Flächenausdehnung desselben. Insofern nun im Ganzen bei kleinen Thieren die Gedärme enger und dünnwandiger sind, enthält ein gleiches Volumen derselben eine größere Absorptionsfläche. Wollten wir also in einem Thiere, welches gleich $^1/_{100}$ des Volumens eines größern Thieres ist, eine Bauchhöhle, welche in demselben Verhältnisse zu der Bauchhöhle des größern Thieres stände, mit weit engeren Gedärmen anfüllen, als das größere sie besitzt, so würden wir dem kleinen Thiere im Verhältniß zu seinem Volumen eine ausgedehntere Ernährungsfläche gegeben haben.

Andrerseits aber ergab sich, daß die Leistungen der Muskeln und des Skeletes nicht im Verhältniß des Volumens wachsen, sondern in einem geringern, von dem Querschnitte abhängigen. Dadurch und durch die eben erwähnten Bedingungen der Vergrößerung der Darmfläche sind den Größen der Thiere gewisse Grenzen gesetzt. Mit den Materialien, aus welchen die Thiere der Erde bestehen, und bei den Gravitationsverhältnissen, wie die Erde sie darbietet, hätten wahrscheinlich die Größen der Thiere nicht viel weiter ausgedehnt werden können, als sie sich uns darbieten. Mancherlei Verschiedenheiten des Baues größerer und kleinerer Thiere sind nöthig, um die äußersten Grenzen der Größe derselben nur so weit auseinanderzurücken, als sie schon liegen. Zu diesen wichtigen Verschiedenheiten kommt es denn namentlich, daß bei den größeren Thieren ein weit größerer Theil des Materials, welches sie in ihr Blut überzuführen vermögen, auch für ihre individuelle Erhaltung verwandt wird, während der Antheil, welcher zur Zeugung neuer Individuen aufgewandt werden kann, hier klein, bei kleineren Thieren immer größer und größer ausfällt. In wie manchfacher Weise aber die Thätigkeit der älterlichen Thiere in Anspruch genommen wird, wie nicht bloß Nahrungsaufnahme, Verdauung, Absorption, sondern auch Tragen der Geschlechtsorgane, oft Tragen der befruchteten Eier, Schutz derselben, Nestbau, Fütterung der Jungen hier in Anschlag kommt, das ist wohl zu überlegen, um auch manche der Abweichungen von dem allgemeinen Verhältnisse zwischen Größe und Zeugungsvermögen einzusehen.

So ist namentlich das Zeugungsvermögen der homöothermen Thiere im Ganzen gering gegen das der pökilothermen. Man vergleiche nur die Wirbelthiere unter einander: die Säugethiere und Vögel gegen die Reptilien und Fische. Die Anzahl der Eier selbst bei recht großen Thieren unter den letzteren ist oft ungeheuer im Vergleiche mit denen der homöothermen Geschöpfe. Aber wir wissen auch, daß eben das Bedürfniß der bedeutenden Wärmebildung der letzteren schon an sich bedeutende Ansprüche an die Thätigkeiten der Ernährung macht. Wir wissen, daß die Bewegungsweise der Vögel besonders viel Kraft in Anspruch

*) Ich habe diese Verhältnisse zuerst auseinandergesetzt im Anhange zu meiner Schrift: Ueber die Verhältnisse der Wärmeökonomie der Thiere zu ihrer Größe. S. 104 ff.

nimmt, die der schwimmenden Thiere besonders wenig. Wir wissen aber endlich auch, daß die homöothermen Thiere der Regel nach für ihre Eier und Jungen eine verhältnißmäßig sehr große Menge von Nahrungsstoff auf eine oder die andere Weise zu liefern und sonstige Sorge für dieselben zu übernehmen haben, während bei den Reptilien und noch mehr bei den Fischen die producirten Eier oder Jungen in dem Momente, wo die älterliche Thätigkeit sie naturgemäß verläßt, verhältnißmäßig sehr klein zu seyn pflegen. Die wirbellosen Thiere sind schon wegen ihrer geringeren Größen hier in einem günstigern Verhältnisse, und daher ist denn auch ihre Fruchtbarkeit im Allgemeinen eine sehr beträchtliche.

Arten der Fortpflanzung.

Die Entstehung neuer Individuen erfolgt unter so verschiedenen Formen, daß eine Eintheilung derselben in verschiedene Hauptarten sich von selbst macht.

Die wichtigste Verschiedenheit ist aber ohne Zweifel die zwischen der geschlechtlichen und geschlechtslosen Vermehrung der Thiere. Die erstere geschieht so, daß ein Keimstoff, das Ei, an bestimmten anatomischen Merkmalen kenntlich, durch Einwirkung eines andern thierischen Produktes, Sperma, Samen genannt, zur Entwicklung erregt wird. Beide Stoffe bilden sich in verschiedenen Organen, den männlichen und weiblichen Geschlechtstheilen. Diese Organe finden sich bald getrennt, an männliche und weibliche Thiere vertheilt, bald in denselben Individuen vereinigt. Doch auch wo das Letztere vorkommt, ist es sehr gewöhnlich Regel, daß nicht das einzelne Individuum sich selbst befruchtet, sondern von einem andern befruchtet wird und ein anderes befruchtet.

Für die geschlechtslose Vermehrung genügt dagegen immer ein einzelnes Individuum. Eine Form derselben ist die, daß aus einem bestehenden Individuum neue hervorwachsen (wie aus der Leibeswand der Polypen) und mit denselben entweder in dauernder Verbindung bleiben, oder auch nach Erreichung einer gewissen Entwicklung sich davon ablösen. Diese nennen wir Vermehrung durch Knospung.

Eine andere Form zeigt sich so, daß ein Individuum in zwei oder auch mehrere gleichzeitig zerfällt, welche also von Anfang einander gleich an Größe sind und kein Stammindividuum zurücklassen. Dieß ist die Spaltung.

Eine Zwischenform zwischen beiden wäre es, wenn ein Theil eines Stammindividuums in mehrere neue zerfällt, ohne daß das Stammindividuum dabei gänzlich verbraucht wird; doch solche Fortpflanzung, obgleich früher vielfach angenommen, ist in neuerer Zeit sehr zweifelhaft geworden.

Viele Thierarten, sämmtliche Wirbelthiere, die meisten Mollusken und Insekten sind ganz allein auf die geschlechtliche Zeugung beschränkt. Bei vielen anderen kommen geschlechtliche und geschlechtslose Zeugung vor. Ob bei irgend welchen sich nur die letztere findet, wie man gleichfalls häufig behauptet, muß gegenwärtig für zweifelhaft gelten.

Die später zu gebende Uebersicht der Metamorphosen der verschiedenen Thiere wird nämlich lehren, daß bei manchen, wenn auch nicht bei allen denen, welche sowohl auf geschlechtliche als auf geschlechtslose Weise sich vermehren, diese verschiedenen Vorgänge an verschiedene Entwicklungsstufen des Thieres geknüpft sind. Das Thier, welches aus dem Ei kam, vermehrte sich z. B. zunächst durch Theilung. Die daraus hervorgegangenen Individuen hatten vielleicht eine sehr abweichende Form. Sie gingen vielleicht nochmals mit einer geschlechtslosen Vermehrung in Individuen einer dritten Form über. Oder auch es fanden ohne Formenwechsel eine bedeutende Anzahl wiederholter geschlechtsloser Zeugungen statt. Endlich aber, nachdem eine bestimmte, planmäßige Reihe solcher Vorgänge abgelaufen ist, tritt die geschlechtliche Zeugung auf: erst jetzt bilden sich die Geschlechtstheile, Eier, Sperma, und damit hören die geschlechtslosen Zeugungen auf, um an den Jungen, welche den Eiern entschlüpfen, neuerdings zu beginnen. Mehrfach knüpft sich dieser planmäßige Wechsel der

Vermehrungsarten an die großen Wechsel in der Natur: Winter und Sommer, so daß befruchtete Weibchen oder bloß Eier die thierische Art den Winter über erhalten, während den Sommer über die geschlechtslosen Zeugungen fortlaufen. Doch über diese Verhältnisse weiter unten ein Näheres. Hier nur die Bemerkung, daß unsere gegenwärtige Einsicht in diese Verhältnisse es uns verbieten muß, aus der Beobachtung einer, einige Zeit hindurch fortlaufenden, geschlechtslosen Vermehrung bestimmter Thierformen, zu schließen, daß sie keine geschlechtliche besitzen. Manche dieser Thiere, vielleicht alle, von denen wir bis jetzt nichts weiter wissen, mögen auch ein Entwicklungsstadium haben, in welchem die geschlechtliche Zeugung eintritt. Diese allein wird uns jetzt beschäftigen, da wir die geschlechtslose als nothwendiges Glied der Metamorphose der Thiere zu betrachten haben werden.

Wie aber die verschiedenen Arten der Fortpflanzung, wie die damit verbundenen Körperverschiedenheiten, sowohl der neben einander existirenden, die Art bildenden Geschlechter, oft auch geschlechtslosen Individuen, als auch der nach einander in den niederen Thierarten sich entwickelnden Formen, manchen Zwecken genügen, wie darin ein Anpassen der Thiere an verschiedene Naturbedingungen möglich gemacht ist, wie den verschiedenen Stufen der Metamorphose und Formen der Thierart verschiedene Funktionen verliehen sind, wie sie zu Thierstaaten sich durch Instinkt vereinigen oder selbst zusammengewachsen sind, das wird sich bei der Betrachtung der wirbellosen Thiere zeigen, unter welchen sich diese Verhältnisse in buntester Manchfaltigkeit finden.

Bei den **Wirbelthieren** kommt dagegen nur die geschlechtliche Fortpflanzung und zwar nur durch männliche und weibliche Individuen vor. Diese allein bilden die Art; nirgends stehen geschlechtslose Thiere neben ihnen.

Somit ist bei allen diesen, wie auch bei einer großen Anzahl von Wirbellosen, selbst bei vielen hermaphroditischen (sich aber dennoch paarenden) Thieren, eine freie Wahl vor der Befruchtung möglich. Wir erkennen hierin eine **Einrichtung der Natur, durch welche der Ausartung entgegengewirkt wird.**

Es ist bekannt, daß man eine Ausartung, eine zu starke Abweichung vom Normaltypus, Entwicklung von Erbkrankheiten bei dem Menschen schon als Folge häufiger Verbindung naher Verwandten fürchtet. Von Thieren muß im Allgemeinen Aehnliches gelten und es würde offenbar die Möglichkeit der Ausartung im höchsten Grade befördert seyn, wenn die thierischen Individuen allgemein ohne Begattung, also ohne alle Möglichkeit einer Kreuzung, in einfacher Linie sich vermehrten. Durch die freie Paarung ist dem mächtig entgegengewirkt, wie sich unter andern besonders deutlich in den Kämpfen ausspricht, welche oft vor der Begattung zwischen den Männchen stattfinden. So ist dafür gesorgt, daß die stärksten Thiere die Art fortpflanzen. So haben ja auch auf die Wahl des Menschen alle die Eigenschaften, deren Fortpflanzung zu wünschen ist, in der Regel einen großen Einfluß. Ja man findet nicht selten sehr deutlich (und zum Theil auch aus völlig verständlichen Gründen), wie dem einzelnen Menschen gerade solche körperliche und geistige Eigenschaften besonders zusagen, welche die eigenen gleichsam ergänzen.

Diese schöne Einrichtung fehlt also den Thieren, welche entweder gar keine geschlechtlichen Individuen oder höchstens sich selbst befruchtende Hermaphroditen bilden. Vielleicht sind diese aus manchen anderen Gründen weniger der Entartung ausgesetzt, als die höheren Thiere. Wahrscheinlich ist die freie Wahl auch schon für die niederen der Thiere, welche sie noch besitzen, von geringerer Wichtigkeit. Geringe Beweglichkeit, beschränkter Bereich der Sinne, müssen nothwendig bei vielen die Ausübung derselben sehr beschränken.

Geschlechtsverschiedenheiten. Geschlechtliche Organe und Funktionen. Zeugung.

Der Begriff sowohl der geschlechtlichen Organe als der geschlechtlichen Funktionen enthält ohne Zweifel als wesentlichste Bestimmung, daß es Organe und Funktionen sind, welche

mit der Entstehung, Ernährung und Beschützung neuer Individuen zu thun haben. Auch kann es nicht zweifelhaft seyn, daß die geschlechtlichen Organe zunächst nach den Funktionen ihren Namen haben werden. Unzulässig aber würde es demnach erscheinen, wenn wir alle Organe, welche auf die genannten Zwecke abzielende Funktionen ausüben, darum Geschlechtsorgane nennen wollten. Denn die Thätigkeiten des ganzen Körpers eines ausgebildeten Thieres haben Funktionen dieser Art. Im allereinfachsten Falle müssen doch die Eier gebildet und bis zu einem gewissen Grade ernährt werden, und es ist bei dieser Ernährung der ganze Körper ebenso betheiligt, wie der ganze Körper für die Ernährung jedes andern Organes einzustehen hat. In sehr vielen Fällen aber — man denke nur an die Vögel, Ameisen, Bienen — tritt eine solche Richtung der Thätigkeiten der erwachsenen Thiere auf Geschlechtszwecke noch viel herrschender auf. Demungeachtet werden wir nun nicht etwa den Schnabel des Vogels, mit welchem er das Nest baut und dem Jungen Futter zuträgt, ein Geschlechtsorgan nennen wollen. Wir werden aber, wenn wir dieß vermeiden wollen, allerdings nicht umhin können, unserer Definition von den Geschlechtsorganen den etwas nachgiebigen Zusatz zu geben, daß ihre Funktion vorzugsweise oder in ganz besonderem Maaße auf geschlechtliche Zwecke gerichtet seyn müsse. In das andere Extrem können wir nicht übergehen und nur die Organe als geschlechtlich anerkennen, welche lediglich solchen Funktionen dienen. Denn dann würde die Ruthe der Säugethiere kein Geschlechtstheil seyn, weil sie auch die Harnröhre zu enthalten pflegt, während die Ruthen der Reptilien, welche mit der Harnausscheidung nichts zu thun haben, den Geschlechtsorganen zugehörten. Dieß wäre aber gewiß eine gewaltsame Maßregel, um der Natur zum Trotz zu einer Definition zu gelangen. Ganz besonders müssen wir aber auch vor dem Mißverständnisse warnen, als hätte man unter den Geschlechtstheilen etwa solche Organe zu verstehen, von welchen man die einen nur bei diesen (männlichen), die anderen bei jenen (weiblichen) Individuen einer Thierart fände. Denn dieß ist theils in Beziehung auf die Geschlechtstheile sehr wenig anwendbar, theils würde es wieder zu einer unglücklichen Erweiterung des Begriffes führen. Man denke in letzter Hinsicht nur an das Geweih der Hirsche, die Stoßzähne der männlichen Elephanten u. s. w. Was aber die eigentlichen Geschlechtstheile einer solchen Auffassung gegenüber betrifft, so wird das letzte Kap. dieser Schrift, durch eine Uebersicht der allmäligen Entwicklung der Geschlechtstheile (wenn auch zunächst und hauptsächlich nur für die Wirbelthiere) lehren, daß diese Organe ursprünglich bei beiden Geschlechtern eine gleiche Bildung besitzen, daß die Geschlechtsapparate beider Geschlechter anfänglich gleiche Bestandtheile enthalten. Die großen späteren Verschiedenheiten beruhen nur darauf, daß von diesem ursprünglichen Apparate ein Theil im weiblichen Geschlechte sich so, im männlichen sich anders entwickelt, daß ein Theil in einem Geschlechte verkümmern, ja verschwinden kann, während er im andern sich ansehnlich ausbildet. Wir können daher nur dann, wenn der Namen eines Organes sich sehr bestimmt auf den entwickelten Zustand, auf die Funktion bezieht, sagen, ein solches Organ komme diesem oder jenem Geschlechte ausschließlich zu. So vom Eierstocke, Fruchthalter. Aber damit ist denn auch nichts weiter gesagt, als daß eben diese bestimmte Entwicklungsweise des Organes einem Geschlechte eigenthümlich sey. Dadurch nun aber, daß die Betrachtung der Geschlechtstheile nichts weiter ist, als die Betrachtung der verschiedenen Formen, welche ein gewisser Organencomplex in den beiden Geschlechtern annimmt, reiht sich auch wieder diese Untersuchung der Geschlechtsorgane nothwendig an die Untersuchung der allgemeinen Verschiedenheiten des männlichen und weiblichen Körpers an. Sie ist nur ein Theil, freilich ein hervorstechend wichtiger Theil derselben.

Wir können auch deßhalb um so weniger geneigt seyn, diesen Theil isolirt für sich zur Untersuchung zu ziehen, als ja diese Geschlechtsverschiedenheiten immer mehr oder weniger deutlich eine Beziehung zu der besondern Rolle haben, welche die Geschlechter bei der Fortpflanzung der Art übernehmen. Wo es bei den Thieren eine Art von Familienleben gibt, da wird jedem Geschlechte durch seine körperlichen Eigenschaften die Funktion zugewiesen, welche

es in der Familie zu erfüllen hat. Der Endzweck der thierischen Familie ist kein anderer, als die Fortpflanzung der Art, die Sicherstellung derselben nach mehr oder weniger verschiedenen Seiten hin.

Diese Bemerkungen sollten für die folgende Verhandlung einen gewissen Standpunkt sichern, einen Begriff geben von dem Verhältnisse der Geschlechtsverschiedenheiten des Körpers im Allgemeinen zu den Verschiedenheiten der eigentlich sogenannten männlichen und weiblichen Organe im Besondern. Die Gewinnung dieses Standpunktes wird uns freilich erst dann recht wichtig werden, wenn wir zu einer Betrachtung der großen geschlechtlichen Körperdifferenzen (z. B. bei gewissen Crustaceen, Cephalopoden) und der zusammengesetzten Familienverhältnisse (Bienen, Ameisen) mancher Wirbellosen gelangt seyn werden, während die

Wirbelthiere allerdings im Allgemeinen weniger bedeutende geschlechtliche Unterschiede durch den ganzen Körper darbieten.

Wir wollen hier nun auch nicht auf eine Aufzählung der mancherlei unbedeutenden Erscheinungen eingehen, in welchen diese Verschiedenheiten sich zeigen können; es ist uns ja physiologisch nur von untergeordnetem Werthe, wenn wir z. B. in der Färbung des Haares, der Federn, der Haut mancherlei Unterschiede wahrnehmen, oder Haar und Federn häufig bei dem einen Geschlechte in Form von verschiedenen Verzierungen des Körpers hervortreten sehen, welche dem andern Geschlechte fehlen. Wir mögen uns jedoch daran erinnern, daß diese Verschiedenheiten, ebenso wie andere, wichtigere, ihre Abhängigkeit von der Geschlechtlichkeit nicht bloß durch ihre Vertheilung an die beiden Geschlechter im Allgemeinen, sondern auch darin zeigen, daß ihre schwächere oder schärfere Ausprägung sehr gewöhnlich mit dem Grade der Thätigkeit der Geschlechtstheile in Beziehung steht. Es verwischen sich diese Geschlechtsunterschiede des Körpers bei castrirten oder von Natur zeugungsunfähigen Individuen; sie sind sehr häufig nur in der Jahreszeit vorhanden, in welche die Brunst fällt u. s. w. — So sind uns diese Geschlechtseigenthümlichkeiten Zeuge einer Rückwirkung der Zustände der Geschlechtsorgane auf den Körper.

Sie theilen dieß aber mit anderen Verschiedenheiten, welche, aus gleicher Quelle fließend, ihrer Natur nach mehr als jene geeignet sind, auf die Lebensweise bestimmend einzuwirken, das Verhältniß zwischen männlichen und weiblichen Individuen zu einem ungleichen zu machen, woraus wechselseitige verschiedene Bedürfnisse herfließen, und zugleich die Theilnahme an den Obliegenheiten, welche aus der Hülfsbedürftigkeit der Brut entspringen, verschiedenartig zu gestalten. Einen großen, ja wohl den größten Theil dieser wichtigeren Geschlechtsverschiedenheiten werden wir wohl umfassen, wenn wir den Begriff der größern oder geringern Bewegungsfähigkeit, Kraft und Wehrhaftigkeit zu Grunde legen. Es ist dieselbe sehr gewöhnlich auf Seiten des männlichen Geschlechtes und zwar namentlich dann, wenn eine Art von Familienleben stattfindet, die männlichen Thiere als Beschützer auftreten müssen und in dem andern (mit dem vorigen auch verbunden vorkommenden) Falle, wenn das männliche Individuum mehrere weibliche befruchtet, in Polygynie lebt. Der Stier und der Haushahn bieten bekannte Beispiele davon dar. Fallen diese besonderen Motive fort, so kann die Verschiedenheit eine geringere seyn, sie kann verschwinden oder das Uebergewicht selbst auf Seiten der weiblichen Thiere seyn, wie denn wenigstens der Größe nach viele weibliche Vögel (namentlich Tagraubvögel), Amphibien, Fische die männlichen übertreffen. Auch unter den Säugethieren soll es vorkommen (z. B. bei Cetaceen), wiewohl bei ihnen sehr häufig auch da, wo das männliche Thier sich seiner Jungen nicht annimmt, dasselbe dennoch das stärkere ist. So finden wir es beim Kater und beim Hunde, welcher letztere, weit entfernt einige Zuneigung zu seinen Jungen zu haben, vielmehr einen allgemeinen Widerwillen gegen sehr junge Hunde zu fühlen scheint. Wenigstens habe ich oft gesehen, daß Hunde, welche ein solches junges Thier (innerhalb der ersten Wochen) berochen, sich schleunig mit krauser Nase davon zurückzogen. Ein wunderliches Faktum, welches einigermaßen an den sehr verschiedenen

Grad von Wohlgefallen erinnert, welchen auch im Menschengeschlechte männliche und weibliche Personen an den sehr jungen Kindern zu haben pflegen. — Das Beispiel einer bessern Ausrüstung des Männchens mit Bewegungswerkzeugen, welches wir früher von den Tritonen angegeben haben, mag auch zeigen, wie dieß einen Bezug auf ganz zufällig scheinende Sitten der Thiere haben kann. Denn bei diesen Geschöpfen sehen wir keinen weiteren Nutzen der stärker entwickelten Hautflossen, als daß sie das Männchen zu jenen Verfolgungen, zu den vielfachen Bewegungen befähigen, mit welchen es den Weibchen, die es befruchten will, gewissermaßen den Hof macht.

Der Kern für alle die Verschiedenheiten, von welchen wir sprechen, muß im Skelete und den Muskeln gegeben seyn. Mögen dem einen Geschlechte auf eine äußerlich hervortretende Weise Waffen gegeben seyn, welche dem andern fehlen, mögen beiden gemeinsame Waffen bei dem einen stärker seyn, — immer muß der innere Bewegungsapparat der Führung dieser Waffen gewachsen seyn; wir können sie als einen äußerlichen Ausdruck der innerlichen Befähigung annehmen, werden aber allerdings im Stande seyn, auch den mehr unmittelbaren Ausdruck dieser Kraftverschiedenheit im Skelete und den Muskeln selbst nachzuweisen. Nur bei solchen Waffen ist ein besonderer Unterschied der Kraft nicht nöthig, welche die Bedeutsamkeit ihrer Wirkung keinem mechanischen sondern einen chemischem Agens verdanken. Fälle dieser Art kommen wohl unter den Wirbelthieren nicht vor; wir erinnern aber u. a. an die Bienen, von denen die Weibchen und Geschlechtslosen mit einem ätzenden Safte bewaffnet sind u. s. w.

Von allen Geschöpfen ist natürlich der Mensch selbst in Beziehung auf die Geschlechtsverschiedenheiten am genauesten untersucht. Wir heben deßhalb aus dem, was wir über den Menschen wissen, die Hauptzüge hervor, um daran ein Vorbild zu haben zur Anknüpfung einiger Bemerkungen über andere Wirbelthiere, bei welchen sich Aehnliches findet. Außer der wirklich verschiedenen durchschnittlichen Größe von Mann und Weib fällt dem ersten Blicke sogleich auch eine Mehrzahl von Abweichungen in den Größenverhältnissen der Körpertheile unter einander auf. Wir finden die Extremitäten und den Kopf des Weibes kleiner im Verhältnisse zum Rumpfe. Am Kopfe wieder ist verhältnißmäßig der auf mechanische Kraftäußerung zielende Kauapparat mit seinen Muskeln und mit ihm nothwendig das ganze Gesichtsgestell weniger ausgebildet, da der feste Theil des Gesichtes den Widerhalt gegen den beweglichen (Unterkiefer) zu bilden hat. An den Extremitäten findet eine stärkere Verjüngung gegen die Endglieder hin statt, diese selbst, Hand und Fuß, sind beim Weibe auffallend zarter. Mit der größeren Leichtigkeit des ganzen Körpers, mit der größeren Zartheit besonders dieser bewegenden, aus Knochen und Muskeln hauptsächlich gebildeten Glieder steht nun natürlich ein geringerer Stoffumsatz, damit eine geringere Ausscheidung, also auch eine kleinere Lunge, in Verbindung. Während dadurch aber ein relativ zum Rumpfe kleinerer Brustraum möglich wird, sind die Anforderungen an die Entwicklung der Unterleibshöhle größere, da sie eventuell den schwangern Uterus muß enthalten und stützen können. Daraus ergibt sich also eine ungleichmäßige Vertheilung des Raumes im Rumpfe zwischen Brust und Unterleib. Es hängt mit der erforderlichen Stützung des Uterus zusammen, daß das weibliche Becken flacher und breiter ist, als das männliche. — Schon früher haben wir gesehen, wie mit den eventuellen Erfordernissen des schwangeren Leibes auch die Beweglichkeit der Rippen behufs der Athmung mehr im obern Theile der Brust sich findet, während bei dem Manne, der ungestörteren Kraftäußerüng der oberen Extremitäten zu Liebe, derselbe Theil der Brust, an welchem sich wichtige Armmuskeln ansetzen, fester gebildet ist, so daß hier die Athmungsbewegungen mit dem untern Theile der Brust vollzogen werden müssen. Mit der verschiedenen Entwicklung der Athmung hängt nun auch die verschiedene Größe des Kehlkopfes und damit die verschiedene Stimme zusammen. Daß die Kehlritze eine bestimmte Größe nicht überschreitet, das hat, wie wir im Kapitel von der Athmung gesehen haben, seinen bestimmten Nutzen. Wie klein, wie eng sie seyn darf, ohne die Athmung zu beschweren, hängt

aber begreiflich wieder von den Luftquantitäten ab, welche in gewisser Zeit aus- und einstreichen sollen.

Wie nun mit allen diesen körperlichen Verschiedenheiten zugleich in innigster Harmonie Gemüths- und Verstandesgaben beider Geschlechter verschieden ausgetheilt sind, jedem seine besondere Stellung anweisend, wollen wir nicht ausführen, obwohl wir auch dafür Anknüpfungspunkte unter den Thieren finden würden: der Charakter der Stute und des Hengstes, der Hündin und des Hundes, der Katze und des Katers sind ja verschieden genug! Die Verhältnisse der einzelnen Körpertheile unter einander sind bei Thieren natürlich weniger genau ausgemessen, als beim Menschen. Auch versteht es sich, daß einige Geschlechtseigenthümlichkeiten hier eine andere Form annehmen müssen: es wäre ja z. B. den Thieren, deren Bauch nach unten hängt, mit einer Ausbreitung des weiblichen Beckens wie beim Menschen nichts genutzt, da der Uterus doch nicht darauf ruhen kann. Dennoch treten manche Züge, welche durchaus an den geschlechtlichen Typus im Menschen erinnern, deutlich genug, bei bekannten Thieren hervor: wir erwähnen bloß den sprichwörtlichen eckigen starken Kopf des Katers, den weiten Hinterleib der Hündin und Stute, welche in der Profilansicht dieser Thiere so auffallend sind, die mächtige Brustgegend des Stieres u. s. w. Noch leichter erfaßbar sind uns freilich die Unterschiede, welche sich in den Waffen der Thiere im engern Sinne, namentlich häufig in Hörnern, Hauzähnen, bei Vögeln hin und wieder in Spornen u. s. w. ausdrücken. Von diesen ist in dem Kapitel von den „Hautgebilden in ihrer Beziehung zur Bewegung" schon die Rede gewesen.

Ein anderer, sehr in die Sinne fallender Umstand ist die Verschiedenheit des Stimmorganes. Wir sahen, wie dieß mit der Stärke des Athmungsvorgangs harmonirte, diese aber wieder mit der Energie der Muskelthätigkeit zusammenhing. Wir wissen, daß ebenso, wie der Mann, auch der Hirsch, der Stier u. s. w., der Hahn, viele männliche Singvögel sich durch ihre Stimme auszeichnen. Hin und wieder finden sich auffallende anatomische Verschiedenheiten im Stimmapparate, wie die knöchernen Blasen an der Luftröhre männlicher Enten, die Windungen der Luftröhre bei Kranichen, dem schwarzen Storche u. s. w., welche sich in beiden Geschlechtern verschieden zeigen, namentlich im letzten Falle dem Weibchen fast ganz fehlen. Es braucht wohl kaum gesagt zu werden, daß wir unsere obige Erläuterung über den Zusammenhang zwischen stärker entwickelten Lungen und bedeutenderem Kehlkopfe nicht auf alle diese Differenzen auszudehnen beabsichtigen. Dieselben sind zum Theil offenbar mehr selbstständiger Art ohne weitere erkennbare Beziehungen.

Haben wir bis jetzt nur mit Beispielen von Geschlechtseigenthümlichkeiten zu thun gehabt, welche nicht in specieller Beziehung zu den eigentlichen Geschlechtsorganen und ihren Thätigkeiten standen, so haben wir nun noch, als Uebergang zu den Geschlechtsorganen selbst, auch auf solche Beispiele aufmerksam zu machen. Etwas der Art, das menschliche Weib betreffend, fand allerdings schon oben im Zusammenhange seinen Platz: die besondere Art der Respirationsbewegungen des Weibes, die Flachheit des oberen Theiles seines Beckens haben entschiedenen Bezug auf die schwangere Bärmutter. Wir fügen dem noch hinzu: die Weite des unteren oder kleineren Beckens beim Weibe, seine verhältnißmäßige Kürze (geringe Tiefe bei aufrechter Stellung) und den damit zusammenhängenden sehr offenen Winkel unter der Schambeinvereinigung. Dieß sind Einrichtungen, welche den Hindurchtritt des Kindes durch das Becken, den Akt der Geburt, sehr erleichtern.

Bei den übrigen Wirbelthieren können wir anführen: G e s c h l e c h t s v e r s c h i e d e n h e i t e n, w e l c h e s i c h a u f d i e B e g a t t u n g beziehen. Man bemerkt u. a. bei männlichen Fröschen eine besondere Entwicklung der Vorderbeine, durch welche sie zu jener kräftigen und dauerhaften Umklammerung der Weibchen befähigt werden, welche theils diesen das Eierlegen erleichtern mag, theils das Männchen in die beste Lage bringt, um die Eier im Momente des Austrittes zu befruchten. Als ein anderes Beispiel möchten wir die sogenannten Haftorgane anführen, welche sich neben den Bauchflossen der männlichen Plagiostomen und

Chimären finden. Da indessen von diesen, welche man wohl mit Recht mit der innern Befruchtung dieser Fische in Verbindung setzt, eine andere als geschlechtliche Funktion weder bekannt noch wahrscheinlich ist, so dürfen wir sie auch wohl als eigentliche Geschlechtsorgane bezeichnen, und müßten sie nur accessorische nennen, insofern sie in dem übrigen Wirbelthierreiche nicht weiter vorkommen.

Besondere Einrichtungen zum Schutze oder sonstigen Frommen der Eier. Von solchen, wie den Brutflecken bei Vögeln, den Flächen, an welchen bei Pipa auf dem Rücken, bei gewissen Syngnathen am Bauche die Eier getragen werden, von den Bruttaschen anderer Syngnathen, wird späterhin die Rede seyn. Es mag hier nur bemerkt werden, daß dergleichen Einrichtungen und die damit verbundenen Geschäfte keineswegs immer den Weibchen zufallen. Unter den Vögeln hat z. B. bei Phalaropus rufescens nur das Männchen Brutflecken, bei den Syngnathen tragen Männchen die Eier, wie es auch das Männchen der Geburtshelferkröte ist, welches sich die Eierschnuren um die Hinterbeine wickelt und derselben wartet. Im letzteren Falle ist aber keine besondere Organisation mit der Funktion verbunden.

Endlich drittens sind für die Säugethiere von durchgreifender Wichtigkeit die Werkzeuge zur Pflege und besonders zur Ernährung der geborenen Jungen. Während bei den übrigen Wirbelthieren sich kaum etwas dahin Gehöriges aufweisen läßt (über den Kropf der Taube siehe bei der Metamorphose), sind die Milchdrüsen für die Säugethiere durchweg charakteristisch und bei einer merkwürdigen Gruppe derselben (Beutelthiere) noch von einem besonderen Beutel begleitet, in welchem die Säuglinge sich aufhalten. Diese Drüsen, bei den Männchen nur durch Rudimente angedeutet, sind bei allen weiblichen Säugethieren zur Zeit des Gebärens in voller Entwicklung. In den Zwischenzeiten können sie mehr oder weniger zurücktreten. Es ist aber bekannt, daß man sie durch häufige regelmäßige Milchentziehung, wie sie der Mensch bei Haussäugethieren vornimmt, zu höherer und dauernder Thätigkeit bringen kann und daß die auf solche Weise gesteigerte Milchbildung allmälig zur Raceneigenthümlichkeit des zahmen Viehes wird, welche sich bei längerer Vernachlässigung wieder verlieren kann.

Es münden sich die fast immer in paarigen Zahlen vorhandenen und symmetrisch gestellten Drüsen sehr regelmäßig durch einen oder mehrere Gänge auf der Spitze von Warzen. Nur die Monotremen ermangeln der Warzen gänzlich. Bei den Beutlern sind sie lang und dünn ausgezogen, kolbig geendigt, damit sie von den Jungen gehörig umfaßt werden können. Ihre Zahl ist von der geringsten, der Zweizahl an, einer bedeutenden Steigerung fähig, welche im Verhältniß zu der Fruchtbarkeit der Thiere steht; so ist sie schon beim Schweine sehr groß, am bedeutendsten aber im Ganzen unter kleineren Thieren, Nagern, Insektivoren, auch Beutlern; bei Aguti sind ihrer 12—14.

Die Stellung der Warzen hält sich meist an der Bauchseite der Thiere. In einzelnen Fällen aber treten sie mehr an den Seiten hervor (Stachelschweine, Fledermäuse, Capromys). Bei Myopotamus coypus liegen sie sogar auf dem Rücken. Dieses Thier mag seine Jungen im Wasser stehend oder schwimmend tränken, wie man nach seiner Lebensweise vermuthet hat.

Stehen die Warzen an der Bauchseite und sind ihrer viele, so nehmen sie meist auch eine lange Strecke in Anspruch; bei den Beutlern jedoch, wo die Jungen sehr klein sind, hängen die mehr zusammengedrängten Warzen sämmtlich in den Beutel, welchen die Kleinen anfänglich gar nicht verlassen können. Sie hängen stets an den Zitzen, was ihnen durch die eben erwähnte Form der Warzen sehr erleichtert wird.

Minder zahlreiche Warzen sind in ihrer Stellung am hinteren oder vorderen Theile der Bauchseite sehr variabel. Von der Brustgegend an, wo sie bei Menschen, Affen u. a. sich finden, bis an das Ende des Unterleibes bei den Wiederkäuern u. a. zurückgeschoben, finden

sie sich bei Cetaceen zu den Seiten der Scham und bei Sorex crassicauda selbst unter dem Schwanze. Die **Milch**, welche in den Drüsen gebildet wird, erscheint dadurch weiß, daß in einer farblosen oder trüben Flüssigkeit (einer Lösung von Milchzucker, Caseïn und Salzen) zahlreiche mikroskopische Körperchen von weit stärkerem Lichtbrechungsvermögen suspendirt sind. Letztere bestehen aus Fetten (Butter), doch ist wahrscheinlich jedes dieser kleinen Partikelchen noch von einer sehr zarten Caseïnhülle umgeben. Die Salze der Milch sind im Allgemeinen die des Blutes, doch sollen die zur Bildung der Knochen erforderlichen Kalksalze ganz besonders reichlich vorhanden seyn. Außer den schon an der Färbung (Durchsichtigkeit oder Undurchsichtigkeit) verschiedener Milcharten leicht erkennbaren Verschiedenheiten des Buttergehaltes hat das vergleichende Studium der Milch noch zu dem Resultate geführt, daß die Milch der Fleischfresser, namentlich dann, wenn dieselben wirklich nur von animalischer Kost leben, arm an Milchzucker ist. Sie finden in ihrer Nahrung eben wenig Zucker und keine Stoffe, aus welchen er sich leicht bilden kann (wie Stärkemehl) und die Jungen werden zu ähnlicher Nahrung herangezogen. Gleichwohl ist es sehr zu beachten, daß der Zucker, den man in neuerer Zeit auch im Ei und im Blute aufgefunden hat, doch auch in der Milch nicht ganz fehlt. Die Ausleerung der Milch ist dem Mutterthiere ein Bedürfniß, welches sich durch Gefühle geltend macht, wie es auch andere der Entleerung bedürftige Drüsenapparate thun. Dadurch können Thiere manchmal dahin gebracht werden, Junge anderer Arten zu säugen. Nur darf die Verstimmung über den Verlust des eigenen Jungen oder der Widerwillen gegen das fremde nicht zu groß seyn, da solche Affekte die Milchdrüsen so umzustimmen vermögen, daß die Milch ganz ausbleibt. Der **Beutel** der Beutelthiere ist bei denen, welche sie am vollständigsten besitzen, durch eine Hautfalte gebildet, welche, am Hinterleibe gelegen, die Zitzengegend umfaßt. In ihrem Rande ist ein Muskel, welcher einen festen Verschluß möglich macht, während ein anderer Muskel zur Oeffnung zu dienen scheint. Eine weniger vollkommene Form besteht aus zwei Falten, welche zu beiden Seiten den Zitzenapparat umgeben und nach hinten convergiren. Bei allen Beutlern und außerdem bei den Monotremen findet man ein am Vorderrande der Schambeine befestigtes, nach vorne in die Bauchwände hineingestecktes Knochenpaar, Beutelknochen, deren Funktion noch nicht recht klar ist, sich vielleicht, wie man vermuthet hat, auf den Geburtsakt bezieht. Auf den Zustand der jungen Beutelthiere kommen wir später zurück und wenden uns nunmehr zu den

Geschlechtstheilen im engern Sinne und der Zeugung der Wirbelthiere. Die Geschlechtsorgane, sowohl die männlichen als die weiblichen, sind in sehr verschiedenen Graden einfach oder zusammengesetzt; immer aber finden sich als wesentlichste Theile des weiblichen Apparates die Eierstöcke, als ebenso wesentliche männliche stets die Hoden. Die übrigen Theile sind in manchen Fällen sehr zusammengesetzt, in anderen wieder mehr und mehr, selbst bis zu fast völligem Verschwinden, vereinfacht. Die **Eierstöcke**, Werkzeuge, in welchen die Eier sich bilden und bis zur Reife entwickeln, bieten ihrer Form nach nicht viele physiologisch besonders wichtige Verschiedenheiten dar. Wir können als zwei Hauptformen solide und hohle Eierstöcke unterscheiden. Die ersteren sind allgemein bei Säugethieren, Vögeln, Cheloniern und Krokodilen, während die der Saurier, Ophidier und nackten Reptilien hohl sind. Letztere Form ist auch sehr gemein bei den Knochenfischen. Die soliden Eierstöcke der höheren Thiere sind Massen von Zellgewebe, in welchen sich die Eier bilden. Indem eine solche Zellgewebsmasse (Keimlager, Stroma) im Verhältnisse zu der Anzahl und Größe der darin entwickelten Eier bedeutend seyn, aber auch sehr gegen dieselben zurücktreten kann, gewinnt das Organ ein verschiedenes Ansehen. Bei den Säugethieren sind die Eier durchgehends sehr klein. Freilich sind sie, meist jedes für sich, von einer eigenen, bedeutend größeren Kapsel umgeben, aber auch diese Kapseln sind meist noch nicht so groß, daß sie einzeln sehr bedeutend über den allgemeinen Umriß des Organes hervorträten. Dagegen sind bei den Vögeln, und ähnlich auch bei vielen beschuppten Reptilien die reifen Eier des Eierstockes so

groß, daß die kleine Masse des Eierstockes oder Keimlagers, aus welcher sie sich erhoben haben, ganz zwischen ihnen verschwindet. Ein Eierstock dieser Art hat ein fast traubenartiges Ansehen, während die Eierstöcke der Säugethiere eine dicke Platte, etwa von Bohnenform vorstellen, an deren Oberfläche man die einzelnen größeren Eikapseln durchschimmern oder etwas sich erheben sieht.

Die hohlen Eierstöcke der nackten Reptilien sind Beutel, entweder ganz einfache, mit einer Oeffnung nach Außen, oder mehrere Zellen enthaltend, welche sich in eine mittlere öffnen, welche einen Ausgang nach Außen besitzt. Die Eier bilden sich in den Wandungen dieser Säcke und fallen, wenn sie reif sind, in dieselben hinein.

Auch bei Fischen sind hohle Eierstöcke sehr verbreitet. Die Eier bilden sich auch hier an den Wandungen, sowie an manchen Vorsprüngen der Wandungen in das Innere, zuweilen auch nur an bestimmten Stellen, Streifen der Wand. Bei den Knorpelfischen und einigen Knochenfischen sind die Eierstöcke solide, so daß die sich lösenden Eier an der äußern Fläche frei werden. — Die Eierstöcke sind bei den Wirbelthieren in der Regel paarig vorhanden. Wo man nur einen findet, wie bei den meisten Vögeln, ist das eine in der Entwicklung erst allmälig ausgebildete Asymmetrie, indem ursprünglich beide vorhanden waren. In anderen Fällen kann ein einfacher Eierstock auch das Resultat einer Verschmelzung seyn.

Das wichtige Produkt dieser Organe, das Ei, besteht im Eierstocke aus einem Dotter mit umhüllender Haut, Dotterhaut, und einem merkwürdigen, im Dotter enthaltenen Bläschen, dem Purkinje'schen oder Keimbläschen, welches in den jüngeren Dottern verhältnißmäßig groß ist, allmälig aber, ungeachtet es stets wächst, gegen das raschere Wachsthum des Dotters zurückbleibt. In den Dottern, in welchen es schon bedeutend an Größe zurücksteht, liegt es immer nahe der Oberfläche.

Der Dotter ist ein Gemenge einer eiweißartigen Substanz mit Fetten, welche sowohl an Quantität als Qualität in den Eiern verschiedener Thiere sehr verschieden seyn müssen. Auch die meist mit den Fetten verbundenen Farbstoffe sind manchfach verschieden schon bei den Wirbelthieren: durch die verschiedensten Abweichungen des Gelb in Roth, Braun und Schwarz hinüberziehend. Das Fett zeigt sich unter dem Mikroskope sehr gewöhnlich in Form von Tröpfchen oder in Bläschen eingeschlossen; bei anderen Thieren hat es die Form von Täfelchen. Ein Theil des Eiweißstoffes scheint ebenfalls mikroskopisch sichtbar, in kleinen festen Partikelchen, sich in manchen Eiern vorzufinden. Die in fester Form vorhandenen Bestandtheile des Dotters sind nicht durch die ganze Masse gleichmäßig vertheilt. Man erkennt z. B. an Vogeleiern, auch bei den beschuppten Reptilien eine heller gefärbte Scheibe an einer Stelle an der Dotterhaut, welche eine dichtere Zusammendrängung der festen Theilchen seyn muß. In diese ist das Keimbläschen eingebettet, hier bilden sich später die ersten Anlagen des neuen Thieres, daher Keimscheibe (Hahnentritt). Auch das Centrum des (so vorzugsweise bekannten) Hühnerdotters ist von der übrigen Masse verschieden beschaffen, wie man leicht beim Durchschneiden eines hinreichend hart gekochten Dotters zu erkennen vermag.

Das Keimbläschen enthält an seiner Wand einen oder mehrere ausgezeichnete Flecken, Keimflecken, deren Bestimmung nicht bekannt ist. Das Bläschen scheint in einer wichtigen Beziehung zur Entwicklung des Eies zu stehen, indem es zur Zeit seiner Befruchtung schwindet.

Die Größe der reifen Eier im Eierstocke steht keineswegs in einfachem Verhältnisse zur Größe der Thiere, welche daraus entstehen sollen. Die Eier der Säugethiere sind durchweg nur schwer mit bloßem Auge zu sehen, die Eier der Vögel und beschuppten Reptilien dagegen relativ die größten. Diese großen Unterschiede haben einen Sinn darin, daß dem Ei der Säugethiere von der Befruchtung bis zur Geburt noch beständig Nahrung zugeführt werden kann, während die Eier der meisten anderen Wirbelthiere bald nach (oder selbst vor) der Befruchtung den Mutterleib verlassen, oder, wenn sie noch darin bleiben, doch nicht in solcher Verbindung damit stehen, daß sie noch viel Nahrung davon erhalten könnten; so daß

in diesen Fällen immer ein für längere Entwicklung hinreichender Nahrungsstoff gegeben seyn muß. Andererseits brauchen die Jungen der meisten nackten Amphibien und Fische, da sie im Wasser das Ei verlassen, weniger entwickelt zu seyn und können eben deßhalb aus kleineren Eiern sich bilden, als die Vögel und beschuppten Reptilien. Wir sehen ja überall, daß die unvollkommensten und gebrechlichsten Organismen im Wasser sich erhalten können. Neben ihrer ausnehmenden Kleinheit zeichnen sich die Säugethiereier noch durch einige andere Eigenheiten aus. Während die Dotterhaut der Eierstockseier der Vögel u. s. w. unmittelbar von einer dem Eierstocke angehörigen, strukturlosen oder sehr einfach faserigen Kapsel (theca, ovisac, Eisack) umschlossen ist, enthält diese Kapsel in den Säugethiereierstöcken (wo man sie mit dem besonderen Namen des Graaf'schen Balges, folliculus Graafianus, belegt) eine Flüssigkeit und eine Menge peripherisch gelagerter Zellen, in welche an einer Stelle, wo sie besonders angehäuft sind, das winzige Ei'chen eingebettet liegt. So erhält man das Säugethierei aus dem Graaf'schen Follikel meist in eine solche Zellenmasse eingehüllt. Innerhalb derselben aber, oder wenn man sie entfernt, sieht man das Ei mit seinen Purkinje'schen Bläschen, umgeben von einer verhältnißmäßig derben Haut, welche bei von unten durchfallendem Lichte unter dem Mikroskope einen hellen Saum (zona pellucida) um das Ei bildet. Das kleine Ei scheint in dem Graaf'schen Follikel, wenn derselbe nahe an der Oberfläche des Eierstockes liegt, regelmäßig gerade an der Stelle des Follikels sich zu befinden, welche am meisten hervorsteht, so daß bei Entstehung eines Risses in dem Ueberzuge des Eierstockes und dem Follikel, das kleine Ei vermittelst der dahinter befindlichen Flüssigkeit durch den Riß gedrängt oder geschleudert werden muß.

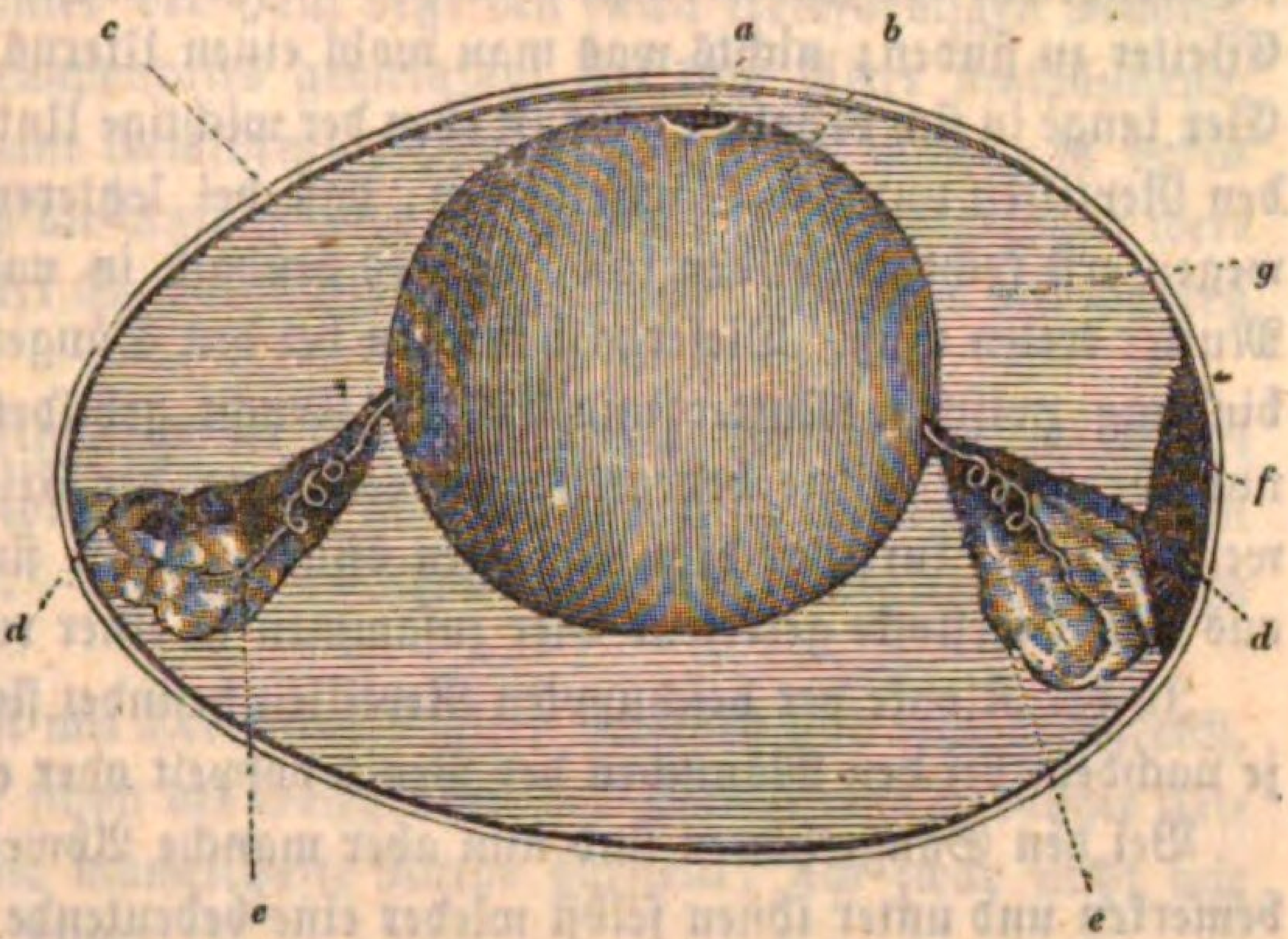
Der Eierstock der Wirbelthiere enthält stets eine Mehrzahl von Eiern von verschiedenen Graden der Reife. Je nachdem die Thiere viele oder wenige, einige oder nur ein Ei auf einmal zur Reife bringen, und je nachdem die Brunstzeiten sich in kürzeren oder längeren Zwischenräumen folgen, sind diese Verhältnisse verschieden. Ist ein Ei oder eine Anzahl derselben völlig herangereift, was sich meist an bestimmte Jahreszeiten bindet, so tritt der Zustand der sogenannten Brunst ein, in Folge dessen die reifen Eier durch Zerreißen der sie umhüllenden Häute ihre Bildungsstätte verlassen, um mit dem männlichen Zeugungsstoffe in Berührung gebracht zu werden. Die Höhlen, in welchen die Eier sich gebildet hatten, schrumpfen dann bald zusammen, oder werden auch erst (bei Säugethieren) von einer großen blutreichen Narbenmasse ausgefüllt, welche sich allmälig zusammenzieht und in diesem Zustande längere Zeit hindurch als sogenannter gelber Körper (corpus luteum) sichtbar bleibt.

Die zum Eierstocke hinzutretenden weiblichen Organe haben am allgemeinsten den Zweck, das Ei nach Außen zu leiten. Dazu tritt noch sehr allgemein die Umhüllung des Eies mit nährenden und schützenden Ueberzügen, sehr häufig die Aufnahme des männlichen Samens und dessen Hinleitung zum Ei, viertens endlich, bei manchen die Aufbewahrung des Eies für eine kürzere oder längere Zeit, häufig bis die Frucht fähig ist, das Ei zu verlassen.

Wir können über diese Organe eine einfache Darstellung geben, welche sich zunächst auf die Vögel und Reptilien bezieht; daran lassen sich dann verwickeltere Verhältnisse der Säugethiere, sowie die mehrfachen Abweichungen der Fische leicht anschließen. Bei den Vögeln erstreckt sich von der Kloake bis in die Gegend des Eierstockes ein darmartiges Organ, welches den Eileiter darstellt. Während sein eines Ende die Kloakenwand durchbohrt, ist sein anderes, dem Eierstocke nahe liegendes, mit einer weiten Mündung (tuba, Trichter) in den Unterleib geöffnet. Soll diese Mündung ein Ei aufnehmen, so muß sie vorher dasselbe umfassen, was wahrscheinlich durch einen Zustand bedeutender Blutfülle, eine Erection, möglich gemacht wird. Die weitere Bewegung des Eies geschieht durch eine langsame peristaltische Zusammenziehung des Eileiters. Sie muß so langsam vor sich gehen, daß während der Zeit die hinreichenden Materialien aus den Wänden des Eileiters ausschwitzen können, um das Ei mit jenen Hüllen zu versehen, welche wir als Bestandtheile des gelegten Eies

kennen: um die Dotterhaut herum wird, gleich beim Eintritte des Eies in den Eileiter, eine dünne Schicht einer festwerdenden Masse ergossen, welche sich nach zwei entgegengesetzten Seiten durch die Thätigkeit des Eileiters in jene gedrillten Schnüre auszieht, welche man Hagelschnüre (chalazae) nennt. Sind diese gebildet, so wird das Ganze mit dem Eiweiß bekleidet, welches eben darum eine längliche Gestalt annimmt, weil es sich nicht bloß auf den runden Dotter ablagert, sondern auch auf die Hagelschnüre, deren eine bei dem Fortrücken des Eies vorangeht, während die andere nachfolgt. Bis die Ablagerung des Eiweißes geschieht, werden ohne Zweifel die beiden Hagelschnüre von den Theilen des Eileiters oberhalb und unterhalb des Eies fest gefaßt und dadurch jede Drehung des Dotters um eine andere Achse, als die, welche durch die Anheftungspunkte der Chalazen geht, verhütet. Eine wälzende Bewegung um diese letztere Achse findet aber allerdings statt, wie man aus der Drillung der Hagelschnüre schließen muß. Ist das Eiweiß vollständig dem Dotter angebildet, und somit die Form des Eies, wie es gelegt wird, entstanden, so wird dann in den der Kloake näheren Theilen noch in mehreren Schichten eine faserige Masse und endlich die Kalkschale abgelagert, welche bei vielen Vögeln, noch ehe sie den Mutterleib gänzlich verläßt, mit Farben, Flecken, Streifen u. s. w. gezeichnet und dann durch die Kloake geboren wird. In derselben befindet sich bei einigen Vögeln ein der Clitoris der Reptilien und Säugethiere vergleichbares Organ.

Fig. 332.



Idealer Durchschnitt eines zum Legen fertigen Vogeleies.

a Keimschicht (Hahnentritt, cicatricula); *b* Dotter; *c* Schalenhaut; *d* Anheftung der Hagelschnüre (Chalazen); *e* Hagelschnüre; *f* Luftraum; *g* Eiweiß.

Die Bildung der Reptilien und ebenso die bei ihnen vorkommenden Funktionen stehen denen der Vögel sehr nahe. Eine Abweichung liegt darin, daß mit den Eierstöcken auch die Eileiter doppelt entwickelt sind. Sie münden sich meist getrennt von einander in die Kloake. Die Thätigkeit der inneren Mündung, oder des Trichters, kann natürlich bei den Thieren, welche so zahlreiche und kleine Eier im Eierstocke bilden, wie die Batrachier, nicht darin bestehen, jedes Ei einzeln aus dem Ovarium aufzunehmen, sondern hier dringen sie in Masse aus dem Eierstocke hervor und werden dann von dem Trichter aufgenommen. Bei manchen Reptilien bleiben die Eier längere Zeit im Eileiter, bei anderen gehen sie bald hindurch, wie bei den Vögeln. Der Aufenthalt der Eier im Eileiter erstreckt sich bei manchen bis zu der Zeit, wo die Jungen geeignet sind, das Ei zu verlassen: so gibt es lebendig gebärende Eidechsen u. s. w. Auch bei den gefleckten Landsalamandern findet ein ähnliches Verhältniß statt, und bei dem leider noch wenig studirten schwarzen Salamander sollen sogar die Jungen noch längere Zeit nach dem Auskriechen aus dem Ei noch im Eileiter leben. (Näheres darüber bei der Metamorphose.) Die Hüllen, welche die Eier der beschuppten Reptilien im Eileiter erhalten, haben Aehnlichkeit mit denen der Vogeleier. Eiweiß, faserige Hülle desselben und, wenn die Eier gelegt werden, Kalkablagerungen, welche zwar nicht von solcher Festigkeit sind, wie bei den Vogeleiern, aber doch hinreichen, um diesen Hüllen eine lederartige Steifheit zu geben. Die Ueberzüge der Eier der nackten Reptilien haben mehr Aehnlichkeit mit denen der Fische. Auch bezeichnet man die gelegten Eiermassen beider mit dem Namen des Laiches. Die Eier der nackten Reptilien werden eben

auch meistens, wie die der Fische, in das Wasser gelegt. Sie erhalten im Eileiter eine Bekleidung aus klebriger, durchsichtiger, im Wasser aufquellender Substanz. Die nächste Schichte um den Dotter ist bei manchen flüssig, so daß derselbe sich drehen kann. Bei diesen Verschiedenheiten der Funktion sind doch keine sehr auffallenden Verschiedenheiten im Bau der Eileiter zu finden; nichts was man wohl einen Uterus nennen dürfte, bei denen, welche die Eier lange in sich behalten. Es ist eben der wichtige Unterschied zwischen den lebendiggebärenden Reptilien und den Säugethieren, daß bei letzteren das Ei sich noch in den Geschlechtswegen erst recht ausbilden soll, daß es deßhalb in nahe Verbindung mit dem Körper der Mutter treten muß. Dieserhalb müssen bei den Säugethieren besondere Organe für die Verbindung zwischen Mutter und Ei oder Frucht gebildet seyn, während die Reptilien deren nicht bedürfen. Eine bedeutende Erweiterung der Eileiter bemerkt man bei den Fröschen, wenn man sie kurz vor dem Eierlegen öffnet. Dann finden sich jederseits alle für dies Mal aus dem Eierstocke getretene Eier zusammen in einer rundlichen Erweiterung des Eileiters.

In der Kloake der beschuppten Reptilien befindet sich eine einfache oder doppelte Clitoris, je nachdem bei den Männchen der Penis doppelt oder einfach ist.

Bei den Säugethieren sind nun aber manche Abweichungen von diesen Einrichtungen zu bemerken und unter ihnen selbst wieder eine bedeutende Manchfaltigkeit.

Auch hier endigt sich der Eileiter mittelst eines Trichters in der Nähe der Eierstöcke. Bei vielen Säugethieren ist jedoch die Oeffnung des Trichters mit den Eierstöcken zusammen in einem Sacke eingeschlossen, welcher bei manchen nur eine enge Nebenöffnung in den Unterleib hat, so daß hier nicht, wie bei den übrigen Säugethieren, den Reptilien und Vögeln, das Ei leicht in den Unterleib fallen kann, wenn es den Eintritt in den Trichter verfehlt. Es soll sogar bei einigen die Oeffnung gänzlich fehlen, was wir freilich fast bezweifeln müssen, da wir bei mehreren, von denen man es behauptet hat (bei einigen Mustela-Arten und einer Phoka) die Oeffnungen doch gefunden haben. Bei den Mustelen sind sie freilich sehr klein.

Die Eileiter sind, der sehr geringen Größe der Eier angemessen, bei den Säugethieren sehr eng. Das Ende derselben, gegen welches das Ei hingetrieben wird, mündet nun aber nie direkt nach Außen, sondern in den sogenannten Uterus oder Fruchthälter. Dieser entleert seinen Inhalt durch die Scheide nach Außen. Der Uterus hat verschiedene Formen. Als eine Mittelform können wir die Form eines Y bezeichnen. Die beiden oberen Striche des Ypsilon nennen wir Hörner des Uterus, den untern den Körper. Mit jedem Horne hängt ein Eileiter zusammen und manchmal findet ein sehr allmäliger Uebergang zwischen beiden statt, indem das, der Hauptsache nach darmartige, Uterushorn sich allmälig zu jenem engen Kanale zusammenschnürt. Der Körper ist durch eine enge Oeffnung von der Scheide abgegrenzt, welche sonst seine Fortsetzung nach Außen bildet. Denken wir uns von einem solchen zweihörnigen Uterus die Hörner bis zum Verschwinden verkürzt, so erhalten wir die Form des einfachen Uterus, wie sie beim Menschen und den eigentlichen Affen, so wie bei zahnlosen Thieren, bei letzteren jedoch mit verschiedenen Eigenthümlichkeiten, gebildet ist. Bei anderen dagegen (namentlich vielen Nagethieren) sind die Hörner des Fruchthalters allein, mit Verschwinden des Körpers, ausgebildet, so daß jedes Horn für sich in die Scheide ausmündet. Bei vielen Thieren hat man einen großen Reichthum kleiner schlauchförmiger Drüsen im Uterus gefunden. — Verschiedene mehr paradoxe Bildungen, wie sie namentlich bei Beutelthieren vorkommen, wollen wir nicht näher beschreiben, da sich besondere physiologische Bemerkungen doch nicht daran knüpfen.

Die Scheide, in welche der Uterus oder die beiden hornförmigen Uterus übergehen, ist ein muskulöser Kanal, in welchen in der Regel nahe an seiner Mündung nach Außen die Harnblase durch einen kurzen Kanal sich öffnet. Der nach Außen gelegene Theil dient also gemeinsam für die Harn- und Geschlechtstheile und hat daher auch den Namen Sinus urogenitalis erhalten. Die Trennung der eigentlichen Scheide von diesem Theile ist bei manchen Thieren wie beim Menschen durch eine Hautfalte (Hymen) angedeutet, welche im jungfräulichen Zustande die eigentliche Scheide bis auf eine enge Oeffnung verschließt.

Der Ausgang der Scheide ist in der Regel bei den Säugethieren in einiger Entfernung abwärts von der Afteröffnung; doch kommen auch wirkliche Kloakenbildungen (Schnabelthier) und Annäherungen dazu bei den Beutelthieren vor. Auch das Faulthier darf neben diesen genannt werden. Wir finden unter der Haut desselben einen kreisförmigen Muskel, die Oeffnung des Geschlechts- und Harnapparates gemeinsam mit dem After umspannend, welcher durch seine Zusammenziehung eine kreisförmige Hautfalte entstehen macht, in deren Rande er liegt. Diese Falte kann durch die Anspannung des Muskels so hervorgezogen werden, daß sie jene Oeffnungen in eine Art Sack einhüllt, dessen Innenfläche aber mit Haaren bewachsen ist.

Mehrere Drüsen befinden sich am Eingange der Geschlechtstheile, welche namentlich bei der Verbindung der Geschlechter eine Rolle zu spielen scheinen, indem sie ihren Saft mit dem ergossenen männlichen Samen mengen. — Auch bei Reptilien scheinen dergleichen Drüsen vorzukommen.

Der Ausgang der Schamtheile ist mit Kreismuskelfasern versehen und sehr gefäßreich. In seinem untern Winkel findet sich die schon bei Gelegenheit der Harnorgane erwähnte Clitoris, welche gleichsam eine verkleinerte mangelhafte Ruthe darstellt, sich zwar nicht wie diese aufrichten, wohl aber anschwellen kann.

Die Fische bieten verschiedene Verhältnisse dar. Den Reptilien ähnlich sind die Eileiter bei den Haien und Rochen, nur mit der Eigenthümlichkeit, daß die beiden Eileiter eine gemeinschaftliche Mündung zur Aufnahme der Eier besitzen. Bei manchen dieser Thiere werden die Jungen in einer eigenen Erweiterung der Eileiter ausgetragen und da kommt auch selbst der singuläre Fall vor, daß die Eier eine innige Verbindung mit der Wand dieses Uterus eingehen, eine Verbindung, welche jedoch von der den Säugethieren charakteristischen noch auf eine erst später zu erörternde Weise abweicht. Bei anderen Plagiostomen erhalten aber die einzelnen Eier einen stärkern hornartigen Ueberzug und werden mit demselben gelegt, worüber später mehr. — Aehnlich, wie bei den Reptilien ist auch die Einrichtung bei Lepidosiren und den Ganoiden.

Bei den meisten Knochenfischen, welche, wie vorhin erwähnt, hohle Eierstöcke besitzen, gehen diese unmittelbar oder durch einen verengerten Theil in einen gemeinsamen, nach Außen mündenden, Kanal über. Bei einigen derselben bietet der hintere Theil dieser Eierstockshöhlen auch Raum für die Entwickelung von Jungen.

Bei anderen aber, welche nicht hohle Eierstöcke haben, fallen die Eier in die Bauchhöhle und werden daselbst entweder von den weiten Mündungen der Eileiter in Empfang genommen, oder diese fehlen auch gänzlich und die Eier gehen aus dem Unterleibe durch eine einfache Oeffnung hinaus.

Der wesentlichste Bestandtheil des männlichen Geschlechtsapparates besteht in den Hoden, welche den Samen bereiten, ebenso, wie bei dem weiblichen Geschlechte die Eierstöcke mit den Eiern den Haupttheil des Apparates bilden. Als hinzutretende Hülfsorgane finden sich in manchen Fällen nur die einfachsten Einrichtungen, um den reifen Samen aus dem Körper zu entfernen. Verwickelter wird der Bau, wenn es zugleich darauf ankommt, diesen Samen in die weiblichen Geschlechtsorgane einzuführen zum Zwecke einer innern Befruchtung. Gewisse Einrichtungen dienen ferner bei einigen Wirbelthieren dazu, den gebildeten Samen eine Zeitlang aufzubewahren, und endlich kommen zu den Geschlechtsorganen, namentlich der Säugethiere, öfters noch bedeutende Drüsenbildungen hinzu: accessorische Drüsen, deren Säfte sich theils dem Samen beimengen, während er in gewissen Behältern (Samenblasen) aufbewahrt wird, theils im Augenblicke der Ausleerung hinzutreten. Die meist paarigen Hoden sind ihrem innern Bau nach großentheils nach dem Muster der Drüsen gebaut: es sind Organe, bestehend aus dem Zusammentritte einer größern oder geringern Anzahl secernirender Kanälchen, deren Länge, Durchmesser, Verbindungen unter ein-

ander in den verschiedenen Klassen manche Abweichungen zeigen. Diese Kanälchen treten zu Ausführungsgängen zusammen, zuletzt jederseits zu einem einzigen Hauptausführungsgange: vas deferens.

Nur bei gewissen Fischen (Cyklostomen) findet sich die Abweichung von dem gewöhnlichen Drüsentypus, daß die Hoden aus einer großen Menge von Kapselchen bestehen, in welchen der Samen sich bildet, so daß einer Ausleerung dieser Flüssigkeit ein Platzen der kleineren Behälter vorausgehen muß, durch welche der Samen in den Unterleib gelangt, von wo er durch eine einfache Genitalöffnung nach Außen abgeführt wird.

Bei der großen Mehrzahl der Fische bildet sich aber der Samen, wie bei den übrigen Wirbelthieren, in Kanälen, welche stets offen mit den Ausführungsgängen zusammenhängen. Die Lage dieser Organe ist ursprünglich (bei den meisten Wirbelthieren bleibend) zu beiden Seiten der Wirbelsäule und zwar meist dem hintern Ende der Rumpfhöhle mehr genähert. Nur bei den Fischen tritt dieß in der Regel weniger hervor, weil ihre Hoden (sog. Milch) sehr lang von Gestalt sind und deßhalb sich durch einen großen Theil der Rumpfhöhle erstrecken, während bei den meisten anderen Thieren diese Organe mehr eine Eiform haben. Die abweichende Lage, welche die Hoden vieler Säugethiere in dem sog. Hodensacke haben, ist Folge einer Dislokation von ihrer Bildungsstätte, welche sich während der Entwicklung im Mutterleibe begibt. Die Hoden steigen durch einen Kanal, welcher die Bauchmuskeln quer durchsetzt (Inguinalkanal) in die Hautfalte hinein, welche schon vorher gebildet war. Dieser descensus testiculorum fehlt aber auch sehr vielen Säugethieren, namentlich solchen, welche im Wasser leben oder in der Erde wühlen. Bei vielen anderen ist er *nicht stetig*, sondern der Hoden steigt zu Zeiten wieder in den offenbleibenden Inguinalkanal herauf, während bei den Menschen und manchen anderen dieser Canal sich hinter dem Hoden schließt.

In diesen Organen bildet sich also der sog. Samen, eine dickliche Flüssigkeit, in welcher der Gebrauch des Mikroskopes uns eine sehr große Menge bestimmt geformter fester Theilchen, der Samenkörperchen,*) zeigt. Es sind dieß die merkwürdigen Körperchen, welche durch ihre eigenthümliche Beweglichkeit von ihrer ersten Entdeckung an so großes Aufsehen gemacht haben und lange Zeit für Thierchen gehalten wurden. Sie bestehen bei den Wirbelthieren meist aus einem gertenartigen, nach einem Ende oft in's unmeßbar Feine sich verlierenden Theile, dem sog. Schwanze und einem andern, bald cylindrischen, bald mehr kugelförmigen, bald abgeplatteten, kurzum in mancherlei Gestalten auftretenden dicken Theile, dem sog. Körper oder Kopf. Diese Bezeichnungen sind nicht nur der Gestalt nach passend, wie man vom Kopfe eines Nagels, vom Schweife eines Kometen u. s. w. spricht, sondern auch insofern, als bei den Ortsbewegungen der sog. Kopf voranzugehen pflegt. Man kann also dabei bleiben, auch wenn man sie keineswegs für Thiere hält. Der einzige Grund, welcher die Ansicht, diese Gebilde seien Thiere, hervorgerufen hat, war die Bewegung derselben.

Nachdem andere ähnliche bewegliche Theilchen des thierischen Körpers, die Cilien der Wimperepithelien, entdeckt waren, mußte man schon bestimmter sagen: nicht die Bewegung allein, sondern der Charakter der Willkürlichkeit derselben, bestimmte Unterschiede von den Bewegungen der Cilien, seyen der Grund, sie für Thierchen zu halten. Aber dieser Charakter der Willkürlichkeit der Bewegung wurde allmälig mehr und mehr abgeläugnet und die wesentliche Verschiedenheit zwischen der Beweglichkeit der Samenkörperchen und der Cilien,

*) Daß wir den alten Namen Samenthierchen, Spermatozoen, Zoospermen verwerfen, wird sich im Texte rechtfertigen; auch werden diese Bezeichnungen jetzt allgemein verlassen. Daß wir sie nicht Samenfädchen nennen, wie einige Neuere, hat seinen guten Grund darin, daß sie bei vielen wirbellosen Thieren gar nicht fadenförmig sind. Auch den Namen Spermatozoiden hat man vorgeschlagen. Aber abgesehen von Bedenken, welche man gegen diese Wortbildung haben kann, paßt auch der Namen nicht, weil doch viele gar keine Beweglichkeit und eben so wenig irgend eine andere Thierähnlichkeit besitzen.

welche darin bestehen sollte, daß letztere unempfindlich gegen manche Gifte seyen, durch welche die Bewegungen der ersteren augenblicklich erstarrten, haben sich ungegründet befunden. Worauf nun aber die Bewegungen dieser Theilchen beruhen, das läßt sich nicht weiter angeben. Darin theilen indessen die Samenkörperchen nur das Schicksal der Wimpern, ja der Muskelfaser. Denn wenn wir wissen, daß Einflüsse der Nervenfasern die Muskeln zur Zusammenziehung bewegen, so wissen wir allerdings auch, daß gewisse Einflüsse die Bewegungen der Samenkörperchen hervorrufen. Wir sehen sie unbeweglich zusammengedrängt in den Kanälen der männlichen Geschlechtstheile, wir sehen sie in warmem Wasser oder wenn sie in die weiblichen Geschlechtstheile ergossen sind, sich auf's Lebhafteste bewegen.

Ueber die Art, wie die Bewegung erscheint, läßt sich angeben, daß sie bei weitem bei den meisten entweder eine undulirende oder eine spiralig drehende ist. Nur bei einigen wenigen Wirbelthieren ist eine ganz eigene Bewegungsweise der Samenkörperchen mit einem sehr eigenthümlichen Bau derselben zugegen. Diese Samenkörperchen kommen namentlich bei den Salamandern vor und bestehen aus einem steifen cylindrischen Kopf, dessen Schwanz ebenfalls keine Bewegungen macht, dafür aber der Länge nach mit einem zusammenhängenden (nicht aus einzelnen Wimperblättchen bestehenden) Wimpersaume besetzt ist, welcher durch seine Bewegungen das Schwimmen des starren Körperchens bewirkt. *) Die Formen der Samenkörperchen sind bis jetzt ohne besondere physiologische Wichtigkeit, aber es ist bemerkenswerth, daß größere Modifikationen derselben im Allgemeinen auch größeren Abschnitten in der Thierreihe entsprechen. So kommen z. B. unter den Säugethieren keine Samenkörperchen mit cylindrischem (geradem oder korkzieherartig gewundenem) oder kugeligem Kopfende vor, sondern dasselbe ist flach oval, flach birnförmig u. s. w. Unter den Vögeln ist dagegen das Kopfende stets lang cylindrisch und bei den Singvögeln ist dieser cylindrische Theil schraubenartig gewunden. Cylindrisch sind die Köpfe ferner bei den Samenkörperchen der beschuppten Reptilien und der Plagiostomen unter den Fischen, während es bei den nackten Reptilien verschiedene Formen gibt und unter den Knochenfischen allgemein die Kugelform vorkommt. Abgesehen von diesen größeren Gruppen lassen sich nun zahllose feinere Abweichungen angeben, so daß wohl anzunehmen wäre, daß wir bei bedeutend vermehrter Kraft der Mikroskope in den Stand kommen könnten, die Samenkörperchen jeder Thierart zu erkennen. Und so findet sich auch wieder bei nahe verwandten Thieren eine entschiedene Aehnlichkeit der Samenkörperchen neben sehr bestimmten Abweichungen. Ein ausgezeichnetes Beispiel davon geben verschiedene Arten des Genus Mus. Diese Bestimmtheit und Eigenthümlichkeit sowie Manchfaltigkeit der Formen bezeichnet die Samenkörperchen als sehr wesentliche Produkte der Thiere, in welchen sie vorkommen. Es ist bekannt, daß die meisten Thiere im wilden Zustande nur zu einer bestimmten Jahreszeit oder zu bestimmten Jahreszeiten brünstig sind. Mit diesem Wechsel der Erregung der Triebe geht der Zustand der Hoden und die Bildung des Samens stets Hand in Hand. Während bei dem Menschen nur eine Entwicklung dieser Theile, in der Jugend, und ein Verwelken derselben, im Alter, Statt findet, wiederholt sich bei vielen Thieren die Entwicklung und Rückbildung periodisch und ist bei manchen sehr stark schon in der Volumsänderung der Hoden ausgedrückt. Beim Sperlinge gleichen dieselben im Anfange des Winters starken Stecknadelknöpfen an Größe, während sie im Mai das Volumen kleiner Haselnüsse erreichen; man hat sie im letzteren Zustande ungefähr 200 Mal so schwer gefunden, als im ersteren.

Dieß ist nun die äußerliche Erscheinung der Veränderungen im Innern, als deren wich-

---

*) Eine frühere Ansicht, wonach dieser Wimpersaum der spiralig umgerollte Schwanz der Samenfäden seyn sollte, ist entschieden fasch und selbst leicht zu widerlegen, so verführerisch auch der Anblick ist. Leuckart, der sie noch vor einiger Zeit (Todd's Cyclop. Semen) vertrat, ist jetzt auch von ihrer Unrichtigkeit überzeugt.

tiges Resultat uns bekannt ist, daß Samen, Samenkörperchen, sich jedesmal gegen die Brunstzeit hin von Neuem bilden und nach derselben wieder vergehen. Diese Wechsel (welche man benutzen kann, um die wahre Brunstzeit von Thieren festzustellen, über welche Zweifel obwalten, wie es z. B. in Beziehung auf das Reh der Fall war), erleichtern sehr die Beobachtung über den eigentlichen Bildungsvorgang des Samens, da derselbe gegen die Brunstperiode eines Thieres hin in bedeutender Masse vor sich geht. So sieht man denn, wie schon in dem Abschnitte von den Absonderungen und Drüsen erwähnt wurde, in den Hodenkanälchen erst Zellen auftreten, in diesen weitere Zellenbildungen, und in diesen erst die Samenkörperchen sich einzeln bilden. So wenigstens in den Wirbelthieren, während bei den Wirbellosen öfters mit anderen abweichenden Formen auch in der Genese einige Verschiedenheiten eintreten. Wie sich der Bildungsprozeß des Sperma den Ernährungsvorgängen anschließt und sich von Secretionen unterscheidet, welche nur in der Bildung oder Abscheidung einer Flüssigkeit bestehen, ist ebenfalls schon früher bemerkt worden. Es mag sich wohl einmal die Lösung der beiden Räthsel: weßhalb sich in der Entwicklung eines Thieres zuerst an einer Stelle Muskelgewebe, an einer andern Knorpel u. s. w. bildet und weßhalb im Hoden gerade Samenkörperchen entstehen, aus einem und demselben Principe ergeben.

Hier aber wollen wir nur noch die Bemerkung anfügen, daß der Unterschied zwischen der Ernährung fester Gewebe und der Bildung der Samenkörperchen, an sich schon durchaus nicht schroff, noch vermittelt ist durch die Erscheinungen der Eibildung. Die Eier bilden sich in geschlossenen Höhlchen, entweder in dichten Organen, oder an der Innenfläche hohler Organe. Bei den wirbellosen Thieren werden wir sehr verbreitet Eierstöcke finden, welche ganz nach dem Typus von Drüsen gebaut sind, in deren Höhle das Ei schon auf einer sehr frühen Bildungsstufe frei liegt und sich so weiter bildet bis zur Reife, wie die Samenzelle im Hoden. Dem entgegen finden sich nun, wie wir gesehen haben, die Hoden zwar meist in gewöhnlicher Drüsenform, bei den Fischen jedoch auch mehrfach insofern eierstocksähnlich, daß sich der Samen in geschlossenen Kapseln bildet und, eben wie das Ei, erst durch Platzen dieser Kapseln frei wird. Wir begreifen also die innige Verwandtschaft der Hoden und Eierstöcke, nach ihrer Funktionsweise. Die vergleichende Anatomie und Entwicklungsgeschichte lehren uns noch eine andere Verwandtschaft, welche darauf beruht, daß die Eierstöcke im weiblichen Körper sich genau an derselben Stelle und in denselben Beziehungen zu anderen Organen entwickeln, wie die Hoden im männlichen Körper.

Wie der Samen in den Kanälen der Hoden heranreift, rückt er allmälig in die Ausführungsgänge desselben vor. Bei vielen Thieren ist die Form und Funktion derselben sehr einfach: der gebildete Samen wird in großer Menge nach Außen ergossen. Bei anderen ist das mit besonderen Umständen verknüpft. In allen Fällen soll der reife Samen mit dem reifen Ei in Berührung gebracht werden, und zwar mit dem Dotter desselben; es muß also die Begegnung beider Zeugungsstoffe erfolgen, ehe das Ei mit harten Theilen bekleidet ist. Die Zusammenleitung beider Zeugungsstoffe erfolgt daher nothwendig bei sehr vielen Thieren im Innern des Mutterkörpers. Bei den Säugethieren ist dieß der Fall, weil das reife Ei sich eine längere Zeit im Mutterkörper entwickeln soll. Aehnlich verhält es sich bei manchen Reptilien und einzelnen Fischen (namentlich unter den Plagiostomen), während die Vögel, manche andere Reptilien und mehrere Plagiostomen eine innere Befeuchtung mehr deßhalb nöthig haben, weil das Ei bei seinem Austritte aus den weiblichen Geschlechtstheilen mit einer dem Samen undurchdringlichen Hülle versehen ist.

Unter den nackten Amphibien dagegen, und sehr gewöhnlich unter den Fischen, findet sich die Einrichtung, daß das Ei beim Austritte aus den weiblichen Theilen mit einer zarten gallertartigen Masse bekleidet ist, welche die Befruchtung nicht hindert, zugleich aber auch nur solchen Eiern nützlich und genügend seyn kann, welche in Wasser gelegt werden, was bei den beschuppten Reptilien schon nicht vorkommt, wiewohl manche unter ihnen allerdings ihre

Eier an feuchten Orten ablegen. Bei Eiern in solchen Gallerthüllen kann dann die einfachste Form der Befruchtung, die äußerliche, stattfinden, welcher durch jene mit einfachstem Ausleitungsapparate versehenen männlichen Geschlechtsorgane genügt wird. Es ist bei einer solchen Befruchtung nur ein Nebenumstand, wenn das zum Eierlegen bereite Weibchen vom Männchen umfaßt wird, wie bei den Fröschen. Bei den Fischen legt das Weibchen seinen Laich, und das Männchen folgt ihm nach und begießt die gelegten Eier mit seinem Samen. Die Umarmung der Frösche scheint dem Weibchen das Eierlegen zu erleichtern, indem die Umschnürung einen künstlichen festen Punkt für die Bauchmuskeln des Weibchens abgibt. Außerdem befindet sich das Männchen in der passenden Lage, die Eier sogleich während ihres Austrittes zu befruchten.

Auch die innere Befruchtung kann mit einem sehr einfachen männlichen Apparate vollzogen werden. So ist namentlich bei den meisten Vögeln, einigen (nackten) Reptilien und einigen lebendig gebärenden Knochenfischen kein männlicher Theil vorhanden, welcher den Namen einer Ruthe verdiente. Es scheint hier die innere Befruchtung mehr durch eine einfache Aneinanderlegung der männlichen und weiblichen Oeffnungen möglich gemacht zu werden. Ja bei den Thieren, welche sich im Wasser befruchten, scheint auch dieß noch zum Theil zweifelhaft. Einige derselben, z. B. die Haifische, haben allerdings Organe, welche zum Festhalten des Weibchens dienen müssen. Bei anderen dagegen ist es zweifelhaft, ob dieß geschieht, und es sind auch nicht überall die Apparate dazu vorhanden. *) Bei den Vögeln sind die Einrichtungen für die Begattung meist einfacher als bei den beschuppten Reptilien, indem bei vielen Vögeln die Ausmündungsstelle der Samengänge in der Kloake nur auf etwas hervortretenden Warzen liegen, welche durch Anschwellen der blutgefäßreichen Umgebung ohne Zweifel noch etwas stärker hervorgehoben werden können. Bei manchen jedoch enthält die Kloake außerdem noch eine rudimentäre, bei einigen selbst eine ziemlich entwickelte Ruthe. Einige Schwimmvögel unter andern, besonders aber mehrere Strauße, haben dieses Gebilde am meisten entwickelt, offenbar schwellbar, selbst mit Muskeln zum Vorstrecken aus der Kloake und zum Zurückziehen in die dieselbe. Ueberall aber fehlt diesen Organen, so wie auch den Ruthen der beschuppten Reptilien, die bei den Säugethieren sehr allgemeine Einrichtung eines eigentlichen röhrenförmigen Kanales, welcher dem Samen in die weiblichen Theile leitet. Höchstens findet sich an jenen Organen eine Rinne, welche den Samen zum Abflusse dient.

Bemerkenswerth für die Saurier und Schlangen ist das Doppeltseyn der Ruthe. Beide Ruthen dieser Thiere liegen hinter der Kloake im Schwanze, so daß sie in die Kloake und durch diese nach Außen hervortreten können. So können sie in die weiblichen Theile, jede in einen Eileiter, eingeführt werden.

Am meisten zusammengesetzt ist der Geschlechtsapparat bei den Säugethieren, und bei diesen muß auch wohl der männliche Apparat, mehr als bei den übrigen Thieren, dazu beitragen, den Samen bis tief in die weiblichen Theile zu treiben. Die Samenleiter der Säugethiere, von den beiderseitigen Hoden ausgehend, nähern sich einander, bis sie hinter und unter der Harnblase ganz nahe bei einander liegen. Bei allen den Thieren, deren Hoden in einem Sacke außer der Bauchhöhle liegen, ist der Verlauf der Samengänge natürlich hiedurch bedingt:

*) Ich habe vielfach, sowohl im Freien, als auch in meinem Zimmer, die Wassersalamander beobachtet. Was Rusconi beschrieben, habe ich leicht wieder gesehen. Aber eine Aneinanderlegung der Geschlechtstheile, welche von anderer Seite behauptet ist, habe ich nicht bemerkt, so daß ich immer in dem Glauben stand, der Samen werde in das Wasser ergossen und so von den weiblichen Theilen aufgenommen. Gleichwohl finden sich in der Cloake dieser Thiere Organe, welche als Andeutungen von Ruthen angesehen werden dürfen. Daß eine innere Befruchtung stattfindet, ist zweifellos. Das Ei wird dann zwar bald gelegt, aber darum bekümmern sich die Männchen gar nicht. Auch ist die Hülle dieser Eier ja weit fester als bei Froscheiern u. s. w.

sie erreichen die Stelle ihrer Annäherung hinter der Harnblase auf dem Umwege, daß sie von dem Hoden an durch den Leistenkanal hinauf in den Unterleib und erst von da an convergirend verlaufen. Dicht neben einander, von einer Drüse (Vorsteherdrüse, gland. prostata) umgeben, münden beide Samenleiter in die Harnröhre ein. Diese Mündungen stehen zusammen auf einer kleinen Erhöhung (colliculus seminalis), sind umgeben von feinen Oeffnungen der Vorsteherdrüse, welche ebenfalls ihren Saft in die Harnröhre ergießt, und haben bei mehreren Thieren noch eine Oeffnung zwischen sich, welche bei einzelnen (z. B. beim Pferde) in einen ganz ansehnlichen, zwischen den Samenleitern gelegenen Beutel führt. (Ueber diesen Beutel, welcher bei anderen Thieren nur klein ist, bei noch anderen ganz fehlt, gibt die Bildungsgeschichte der Geschlechtstheile merkwürdige Aufschlüsse, indem sie in ihm die männliche Scheide mit Uterus erkennen läßt.) Die Samenleiter selbst sind vor ihrem Ende bei vielen Thieren sehr mit kleinen Drüschen versehen und sehr häufig verbinden sich mit ihnen gerade bei ihrem Austritte in die Harnröhre die Ausführungsgänge der sogenannten Samenblasen. Diese Organe sind so vielgestaltig bei den Säugethieren, daß sich außer dem Orte ihrer Ausmündung kaum etwas Allgemeines über sie sagen läßt. Sie fehlen nicht selten und namentlich scheint ihr Mangel nach neueren Untersuchungen charakteristisch für alle ächten Raubthiere zu seyn. Sie sind in den meisten Thieren offenbar ganz drüsiger Natur, während sie bei einigen allerdings mehr den Charakter von Blasen haben, in welche der Samen aus den Samengängen eintreten und aufbewahrt werden kann. Es scheint dieß, namentlich nach neuen Untersuchungen, fast nur als Ausnahme bezeichnet werden zu dürfen, freilich als eine wichtige Ausnahme, insofern nämlich vielleicht die Samenblasen des Menschen dahin gehören. Aber auch da, wo diese Organe als Behälter dienen, liefern ihre Wandungen immer einen eigenen Saft, welcher sich dem aufbewahrten Samen beimengt. Die Drüsenapparate, welche sich solchergestalt mit den Samenkanälen verbinden, haben bei manchen Thieren eine bedeutende Entwicklung und es kommen zu den genannten häufig noch die sog. Cowper'schen Drüsen hinzu. So wenig wir einen besonderen Nutzen angeben können, welchen die verschiedenen, dem Samen beigemengten Säfte etwa durch besondere chemische Beschaffenheit haben mögen, so liegen doch einige Vermuthungen über ihre Verwendung nahe genug, um sie nicht mit Stillschweigen zu übergehen. Erstlich dürfen wir wohl daran denken, daß diese accessorischen Flüssigkeiten dazu dienen, die Entfernung der kleinen Samenmenge aus den männlichen Geschlechtstheilen zu erleichtern. Würde der Samen bei der Entleerung nicht verdünnt, oder würde ihm nicht ein Sekret anderer Drüsen gleichsam nachgeschoben, so würde wohl eine verhältnißmäßig sehr bedeutende Menge desselben in der Harnröhre zurückbleiben, da dieselbe sich nicht zusammenziehen kann. Von den Cowper'schen Drüsen ist freilich eine solche Funktion wohl nicht zu erwarten, da die Austreibung ihres Saftes, wie es scheint allgemein, durch quergestreifte Muskelfaser, wahrscheinlich also rascher als die des Samens erfolgt. — Ferner dürfen wir auf die Säfte der accessorischen Drüsen als Verdünnungsmittel des Sperma auch noch in anderer Hinsicht Werth legen. Denn es ist für die Fortbewegung des ergossenen Sperma auch innerhalb der weiblichen Theile keineswegs gleichgültig, wie groß das Volumen der ergossenen Masse sey. Die Schwierigkeiten dieser Fortbewegung sind besonders groß bei den Säugethieren, und so ist es natürlich, daß bei ihnen auch diese accessorischen Drüsenapparate besonders groß sind, welche jedoch auch bei Vögeln und Reptilien nicht durchaus fehlen. Es versteht sich, daß hiebei auch die in den weiblichen accessorischen Drüsen gebildeten und bei dem Coitus ergossenen Flüssigkeiten in Betracht kommen.

Bei den Thieren mit äußerer Befruchtung kann aber freilich eine solche Verdünnung nicht in Anschlag kommen, hier wird ja der Samen im Wasser über die Eier ergossen. Merkwürdig ist es aber, daß der Samen dieser Thiere einer gewissen Verdünnung mit Wasser zu bedürfen scheint. Während nämlich sonst künstliche Befruchtung solcher Eier, durch Samen,

welchen man aus den Männchen gewonnen hat, sich sehr gut ausführen läßt, soll dieselbe mißlingen, wenn der Samen zu unverdünnt auf die Eier gelangt. Es mag also bei diesen Samenkörperchen durch Wasser, bei anderen durch jene secernirten Flüssigkeiten, irgend eine Veränderung hervorgebracht werden, welche ihrer Wirkung auf das Ei günstig ist. Wir wissen z. B., daß die Bewegungen der Samenkörperchen, welche in den Samengängen ganz fehlen können, in dem ergossenen, also gemischten, Samen sehr lebhaft und dauernd sind. Diese Bewegungen aber, wenn sie auch nicht weiter bei der Befruchtung in Betracht kommen sollten, scheinen ein Zeichen des für die Befruchtung tauglichen Zustandes zu seyn. Wir möchten also wohl annehmen, daß durch diese Verdünnung zu dem Sperma etwas hinzutritt, was seine wesentlichen Eigenschaften erst zur Entwicklung kommen läßt, die Samenkörperchen in Thätigkeit versetzt, eben hiedurch aber auch sie ihrem Untergang entgegenführt, da keine Thätigkeit ohne Verbrauch zu denken ist. Ueber einen möglichen bestimmten Nutzen der Beweglichkeit der Samenkörperchen siehe weiter unten. — Eine eigenthümliche Funktion scheint der Inhalt von einem Paare mächtiger gewundener Schläuche zu haben, welche sich an dem männlichen Geschlechtsapparate der Meerschweinchen finden. Leuckart fand nämlich nach der Begattung die Scheide verstopft durch einen festen Pfropf, welcher genau die Form derselben angenommen hatte und sich mit einer Spitze auch in das Ostium uterus einschmiegte. Da nun der Inhalt jener Schläuche eine steife gallertartige Masse ist, so scheint es, daß dieselbe nach der Entleerung des Samens in die weiblichen Theile getrieben wird, hier durch Wasserverlust erhärtet und die Form des Pfropfes annimmt. Auch im Innern des Uterus fanden sich zu dieser Zeit neben zahlreichen Spermatozoen gallertartige Massen von verschiedener Form und Größe.

Die Entleerung des Samens wird bei den Säugethieren durch die Ruthe vermittelt, und zwar, wie bei der inneren Befruchtung sehr allgemein, indem die Berührung dieses Theiles mit den weiblichen Geschlechtsorganen, als Reiz wirkend, diejenigen Bewegungen hervorruft, welche den Austritt (Ejaculation) des Samens bewirken. Die Ruthe der Säugethiere besteht hauptsächlich aus einer großen Menge von Blutgefäßen mit eigenthümlichen zellenartigen Erweiterungen der Venen. Man hat dem Gewebe der Ruthe daher den Namen des cavernösen oder schwammigen, spongiösen Gewebes gegeben. Indem diese venösen Zellen sich erweitern und eine bedeutend vermehrte Blutmenge zulassen können, wird das Anschwellen des Gliedes möglich; die große Festigkeit, welche dasselbe aber in diesem Zustande annehmen kann, scheint nicht ohne eine Vorrichtung erklärbar, welche nicht bloß den Abfluß des Blutes in die Venen, sondern auch den Rücktritt in die Arterien hemmt. Wie dieß geschehen kann, ist freilich bis jetzt nicht bekannt. Das cavernöse Gewebe des Penis bildet indessen nicht eine einzige continuirliche Masse durch das ganze Organ, sondern es besteht die Ruthe eines Säugethieres in der gewöhnlichsten Form aus drei der Länge nach mit einander verbundenen Säulen solchen Gewebes, welche durch festes Zellgewebe von einander geschieden und mit einander verbunden sind. Dieß sind die sog. corpora cavernosa, von welchen zwei symmetrische näher bezeichnet werden als corpp. cavernosa penis, während das dritte unpaare den Namen des corp. cav. urethrae führt, weil in ihm die Harnröhre verläuft. Nach dem Ende der Ruthe hin breitet sich dieses letztere in die sog. Eichel (glans penis), den nervenreichsten Theil der Ruthe, aus. Diese bedeckt die Enden der corpp. cav. penis.

Bei vielen Säugethieren liegt auf der Grenze der drei corpp. cavernosa ein Knochen, auf welchem, wenn er bedeutend entwickelt ist, wesentlich die Festigkeit der Ruthe beim Einführen in die weiblichen Theile beruht. Wo aber diese Einrichtung fehlt, sind die corpp. cavernosa penis allein durch die Festigkeit, welche ihnen der angeschwollene Zustand verleiht, und durch ihre Verbindung mit den Schambeinen, das Mittel, den dritten cavernösen Körper nebst der Eichel und der daran befindlichen Oeffnung der Urethra in die weiblichen Theile zu führen. — Der cavernöse Körper der Urethra besitzt eine einfache oder symmetrisch doppelte Anschwellung an seinem einen Ende. Von dieser Anschwellung, welche im Innern die

Natur eines starken Gefäßknäuels hat, äußerlich mit Muskelmasse stark belegt ist, laufen gestreckte Blutgefäße nach der Länge des corp. cavern. bis in die Eichel. Es kann also durch die Contraction dieser muskulösen Belegung rasch eine bedeutende Menge von Blut in die Eichel getrieben und deren Anschwellung bewirkt werden. — Man hat hiernach den Vorgang der Samenentleerung so auseinandergesetzt: daß zuerst die Anschwellung der beiden corpp. cavernosa penis eintritt; hiedurch wird die Einführung des Gliedes in die weiblichen Theile möglich; durch diese wird allmälig eine Reizung hervorgebracht, welche jenes muskulöse Gebilde am gefäßreichen untern Ende der corp. cavernosa urethrae in Reflexthätigkeit versetzt; durch die Contractionen desselben füllt sich die Eichel rasch mit Blut, ihre Erregung steigt und in Folge davon werden dann auch die Samengänge oder Samenbläschen von der Reflexthätigkeit ergriffen und dadurch der Samen entleert. Für die gleichzeitige Austreibung des Inhaltes der verschiedenen Nebendrüsen ist überall durch theils querstreifige, theils schlichte Muskelfasern gesorgt, welche diese Drüsen bald mehr in dünneren oder dickeren Schichten bedecken, bald auch zwischen ihre einzelnen Bestandtheile, Schläuche, Gänge u. s. w. eingelagert sind, wie dieß durch neuere genaue Untersuchungen dargethan ist.

Sehr manchfaltig sind übrigens die Modificationen des Baues des männlichen Gliedes bei den Säugethieren, und die Anheftung desselben zeigt ebenfalls verschiedene Abweichungen. Dasselbe ist entweder nur mit dem einen Ende befestigt und besitzt dann eine eigene Hautscheide, welche mit der sog. Vorhaut endigt, oder sie liegt der Länge nach (auch wohl gekrümmt) unter der allgemeinen Haut des Körpers. Dann liegt die Eichel mehr oder weniger zurückgezogen in einer Oeffnung der Haut, durch welche sie (und ein Theil des Penis) hervortreten kann, und ist von einer Falte umgeben, welche die Vorhaut darstellt. Diese Oeffnung ist entweder nach vorn gerichtet, oder auch nach hinten, und die Lage der Ruthe dem angemessen, so daß sie bei der Anschwellung nach vorn oder nach hinten sich richtet.

Die Manchfaltigkeit der Form zeigt sich besonders an der Eichel. Sie ist bekanntlich bei manchen Thieren selbst mit harten Haken besetzt, was vom Kater allgemein bekannt ist, in neuerer Zeit auch beim Maulwurf und Paradoxurus nachgewiesen wurde; sie ist nicht immer einfach, sondern auch gespalten und es kommen, dem angemessen, auch Theilungen der Urethra vor (Monotremen und Beutelthiere). Bei einigen mehr rudimentären Formen ist die Mündung der Urethra rückwärts von der Spitze an der unteren Seite der Ruthe (Faulthier).

Auch die Vorhaut bietet bei einigen Thieren sehr bemerkenswerthe Eigenthümlichkeiten. Allgemein bildet sich an der inneren Fläche derselben, welche die Eichel berührt, und an der äußeren Oberfläche der letzteren eine eigene Schmiere, welche bei verschiedenen Thieren besondere Gerüche besitzt. Beim Biber und Moschusthier bildet aber die Vorhaut große Säcke, in welchen dort das Bibergeil, hier der Moschus abgesondert wird, welche demnach als solche Präputialsekretionen zu betrachten sind. Sie wurden schon bei Gelegenheit der Hautausscheidung berücksichtigt.

Verfolgen wir nun nach Betrachtung der Geschlechtstheile und der Einspritzung des Samens die Befruchtung weiter. Ist dieselbe eine äußere, wird der Samen nicht in die weiblichen Theile, sondern über die ausgeleerten oder im Austreten begriffenen Eier entleert, so ist die Berührung zwischen Ei und Samen unmittelbar gegeben. Bei der inneren muß sie auf besondere Weise vermittelt werden und man hat in früherer Zeit nicht selten diese Aufgabe, Samen und Ei in gegenseitige Berührung zu bringen, dem theilweise verwickelten Bau der weiblichen Geschlechtstheile gegenüber, so schwierig gefunden, daß man ganz an der Wirklichkeit dieses Vorganges verzweifelte und allerlei Hypothesen ausdachte, welche eine Befruchtung ohne materielle Berührung des Eies durch den Samen zum Gegenstande hatten. Namentlich bei den Säugethieren schienen diese Schwierigkeiten sehr groß, indem man die falsche Ansicht hatte, bei diesen werde das Ei erst in Folge der Befruchtung vom Eierstocke abgestoßen, so daß der Samen, wenn seine materielle Gegenwart die Befruchtung bewirken

sollte, bis zu den Eierstöcken vordringen mußte. Jetzt wissen wir, daß nicht die Befruchtung, sondern die Reife des Eies, bei den Säugethieren wie bei allen anderen, die Lösung desselben, das Platzen seiner Kapsel zur Folge hat, und daß es daher, wenn die Befruchtung nach diesem Processe stattfindet, dem Samen eine Strecke des Weges entgegenkommt.

Außerdem muß man sich aber auch sagen, daß jene Schwierigkeiten gar nicht in dem Maaße vorhanden sind, als oft behauptet wurde. Der Samen wird in die weiblichen Theile ergossen und, namentlich bei den Säugethieren, mit den Flüssigkeiten verdünnt, welche die accessorischen Drüsen der männlichen und der weiblichen, ebenfalls durch den Coitus zu Reflexthätigkeiten erregten, Geschlechtstheile hinzuthun. In dieser Verdünnung bewegen sich die Samenkörperchen lebhaft, und es kann dieses Volumen der befruchtenden Flüssigkeit, wenn der Coitus nicht unmittelbar einen Theil davon in den Uterus schaffte, durch Contraktion der Scheide theilweise in denselben gelangen. Dieß ist eben der vorher angedeutete Nutzen einer Vermehrung des Volumens der ergossenen Flüssigkeit, ganz abgesehen von der günstigen Wirkung, welche die Säfte der accessorischen Drüsen noch sonst haben mögen. Von dem Uterus aus kann nun freilich der Samen nicht so allgemein durch eine äußere Unterstützung in die Eileiter gelangen; Zusammenziehungen des unbefruchteten Uterus sind, wenigstens bei den Geschlechtstheilen des menschlichen Weibes, unmöglich. Dagegen kann der Eintritt der Samenkörperchen in die Eileiter sehr wohl durch ihre eigene Bewegung bewirkt werden. Man hat zwar gesagt, daß man bei einer solchen Annahme ja diesen Körperchen einen Instinkt zuschreiben müßte, sich gerade nach den engen Uterinöffnungen der Eileiter zu begeben. Sonderbarer Weise ist diese abgeschmackte Phrase auch von solchen Physiologen wiederholt, welche gar nicht in der Lieblingshypothese befangen waren, daß der Samen bei den Säugethieren gar nicht das Ei berühre. Demungeachtet ist diese Einwendung äußerst gehaltlos. Wir sind durchaus nicht der Meinung, den Samenkörperchen eine bestimmte Richtung zuzuschreiben, aber wir begreifen, daß eine Anzahl von beweglichen Theilchen, welche in einem Raum ohne Plan in allen Richtungen umherschweifen, immer theilweise aus den etwaigen Oeffnungen desselben austreten werden, und zwar werden sie sämmtlich diesen Raum verlassen, wenn sie eine unbeschränkte Zeit hindurch in Bewegung bleiben. Hier haben wir es nun freilich mit einer Bewegung zu thun, welche auf die Dauer einiger Tage eingeschränkt ist; wir haben es auch mit einem, gegen die Enge der Oeffnung verhältnißmäßig weiten Raume zu thun, aber wir haben auch der beweglichen Elemente eine ungemein große Anzahl. Somit reicht die Selbstbewegung der Samenkörperchen völlig hin, um von diesen zahllosen Partikelchen binnen einigen Tagen oder auch Stunden eine Anzahl in die Eileiter zu schaffen, von welchen dann, nach denselben Gesetzen der Wahrscheinlichkeit, auch ein Antheil in den Eileitern weiterrücken wird, und die Eier daselbst nicht verfehlen kann. *) Ob die Eileiter an der Fortschaffung des Samens durch eine Art von peristaltischer Bewegung Antheil haben, wissen wir nicht. Wir kennen nur Bewegungen derselben in entgegengesetzter Richtung. Das macht aber die Annahme, daß der Samen durch seine Gegenwart eine Bewegung dieser Kanäle vom Uterus gegen die Eierstöcke hin veranlasse, nicht unmöglich, ja nicht einmal sehr unwahrscheinlich. Wir haben schon bei Gelegenheit des Ganges der Gallenblase darauf aufmerksam gemacht, daß an einem und demselben Kanale solche Bewegungen in entgegengesetzter Richtung, je nach den Anläßen, vorkommen. Wir

*) Man kann sagen, es sey hiernach die Befruchtung dem Zufall überlassen. Wir geben dieß zu, wenn man sich über die Bedeutung des Zufalles in den Naturvorgängen klar ist. Wir haben hier einen Zufall von demselben Werthe, wie der, welcher an Insektenfüßen den Samenstaub diöcischer Pflanzen von den männlichen auf die weiblichen Blüthen bringt. Es ist lediglich abstrakt möglich, daß ein solcher Zufall ausbleibt; nach den Gesetzen der Probabilität muß er eintreten. Auf wahrscheinlichen Zufällen, wenn man so will, beruht überall die Erhaltung oder Verbreitung der Thier- und Pflanzenarten. Das tritt nur hier mehr, dort weniger hervor.

könnten auch an den Schlund der Wiederkäuer und Anderes erinnern; doch hat man diese Hypothese hier nicht einmal nöthig.

Schließlich ist zu bemerken, daß die mikroskopische Untersuchung, ganz unabhängig von dem Raisonnement über die Art und Weise, wie der Samen tief in die weiblichen Theile fortrücken kann, die Anwesenheit desselben in den Eileitern, ja selbst bis an die Eierstöcke, nachgewiesen hat; man hat die Samenkörperchen in der Umgebung der Eier wahrgenommen, so daß nunmehr kein Zweifel mehr obwalten kann, daß die Befruchtung, mag sie innerlich oder äußerlich geschehen, wesentlich auf der Berührung der beiden Zeugungsstoffe beruhe: Alle die Veranstaltungen in den Geschlechtstheilen, welche sich als Begleiter der inneren Befruchtung finden mögen, sind nicht vorhanden, um eine besondere Art von Befruchtung zu bewirken, sondern sie haben ihren Zweck in anderen Umständen, namentlich darin, daß die befruchteten Eier oder die Jungen eben längere oder kürzere Zeit in den Geschlechtstheilen verharren sollen. Durch diese Veranstaltungen geschieht es dann freilich, daß die Befruchtung äußerlich eine complicirtere Form annimmt; dabei bleibt sie aber doch im Wesen dieselbe. Wird nun gefragt, welcher Bestandtheil des Samens, die Flüssigkeit oder die Körperchen, das Befruchtende sey, so ist jedenfalls die größere Wahrscheinlichkeit für die letzteren. Zwar haben wir kein Recht, anzunehmen, daß sie die Dotterhaut durchbohren; auf der andern Seite wollen wir auch nicht gerade behaupten, daß sie (wie z. B. der Magnet) in die Entfernung (sey dieselbe auch nur gleich der Dicke einer Dotterhaut) wirken; sie lösen sich ja allmälig auf, und es kann diese Auflösung seyn, welche so mächtig auf den Dotter wirkt, es kann ein Minimum von Flüssigkeit seyn, welches aus den verschrumpfenden Samenfäden austritt; kurzum es kann wohl manche Weise erdacht werden, wie etwa die Samenkörperchen befruchten könnten. Wie wir es uns aber denken mögen, immer werden wir bis jetzt gestehen müssen, daß wir damit mehr Luftschlösser als wissenschaftliche Hypothesen bauen, und daß die Vorstellungen, welche wir etwa wählen möchten, da wir sie nicht wissenschaftlich prüfen können, den Charakter von werthlosen Hypothesen besitzen, welche bis jetzt, auch selbst wenn man sie gelten läßt, doch um Nichts weiter führen, keine neue Aussicht eröffnen, keine neuen Fragen veranlassen. Gewiß hätte man namentlich sich die Wahrscheinlichkeitsgründe für die Wichtigkeit der Samenkörperchen nicht durch die scheinbare Schwierigkeit verdecken lassen sollen, welche daraus entsteht, daß wir nicht annehmen dürfen, daß diese kleinen körperlichen Theile, so wie sie sind, durch die Dotterhaut dringen.

Diese Gründe beruhen nun aber erstlich darauf, daß diese Körperchen doch gerade das Auszeichnende und so sehr verbreitet im Samen Vorkommende sind.

Zweitens darauf, daß der reife, mit anderen Sekreten noch nicht vermischte Samen bei vielen Thieren fast aus nichts, als aus Samenkörperchen besteht; es ist kaum begreiflich, wie Jemand bei dem Anblicke eines solchen dicken Samens denken kann, es seyen diese zahllosen festen und so sehr eigenthümlichen Körperchen das Untergeordnete, und die sparsame Flüssigkeit dazwischen die Hauptsache. Man hat wohl gesagt, die Samenkörperchen sollten durch ihre Bewegungen die richtige Mischung des Samens bewirken. Es verlohnt sich nicht der Mühe, dagegen etwas zu sagen, um so weniger, als dieß voraussetzt, es seien diese Körperchen bei allen Thieren beweglich.

Ein dritter Grund ist nun eben, daß in den Bewegungen der meisten Samenkörperchen ein Mittel liegt, durch welches sie unter solchen Umständen zum Ei gelangen können, unter denen die Flüssigkeit, aus Mangel eines äußeren Bewegungsmittels, zurückbleiben muß. Wir könnten gar keinen besonderen Werth darauf legen, daß wir nur von den Samenkörperchen, nicht von der Samenflüssigkeit durch das Mikroskop wissen, daß sie auf die Eier gelangen. Diese negative Erfahrung beweist nichts gegen die Flüssigkeit, da diese ihrer Natur nach kein Gegenstand für das Mikroskop ist. Da aber die Samenkörperchen in der Regel selbstbeweglich sind, so können sie tiefer als die Flüssigkeit in die weiblichen Theile dringen, sie können bei äußerer Befruchtung in die gallertigen Hüllen der Eier eindringen, sie sind selbst

bei diesem Akte beobachtet, und wir haben somit in einem und demselben Umstande einen Grund für die Wichtigkeit der Samenkörperchen und eine teleologische Erklärung ihrer Beweglichkeit.

Viertens und letztens nenne ich die Versuche mit filtrirtem Samen. Dieselben sind mehrfach wiederholt und noch neuerdings wieder von Leuckart aufgenommen worden. Die wesentlich übereinstimmenden Erfolge sind: daß man bei gehöriger Wahl des Filtrirpapieres, nöthigenfalls durch mehrere Schichten, ein von Samenkörperchen freies Filtrat, z. B. von Froschsamen, erhalten kann, daß diese Flüssigkeit sich nicht mehr zur künstlichen Befruchtung eignet, während der aus dem Filtrum gewaschene Rückstand die Befruchtung bewirkt.

Wir können hiernach folgende Züge der Befruchtung angeben: Das Ei ist im Eierstocke herangereift und hat, während sich Erscheinungen der Brunst an dem Mutterthiere zeigten, den Eierstock verlassen. Es beginnen in dieser Zeit gewisse Vorgänge im Ei, welche des Zusammenhanges wegen erst bei der Entwicklungsgeschichte genannt werden sollen: es beginnt mit dem Verschwinden des Keimbläschens ein mikroskopisch wahrnehmbarer plastischer Proceß. In diese Zeit muß nun die Berührung des Eies mit dem Samen fallen. Der Samen kann (im Falle der inneren Befruchtung) schon bei dem Eiaustritte in den weiblichen Theilen sich befinden, oder er wird, und das ist der häufigere Fall, kurz nachher in dieselben ergossen. Die Samenkörperchen, soweit sie beweglicher Art sind, zeigen jetzt die lebhafteste Bewegung; sie erhalten sich in derselben eine längere Zeit, welche hinreicht, daß während derselben eine Anzahl von ihnen bis zu dem reifen Ei vordringen kann. Es scheinen auch gewisse Formänderungen an denselben innerhalb der weiblichen Theile sich zu begeben, die vielleicht auf eine weitere Entwicklung hindeuten. Doch haben wir darüber nur erst sehr vereinzelte Beobachtungen. Leuckart hat etwas dieser Art bei Lacerta crocea wahrgenommen.

Geschieht die Begegnung der Keimstoffe nun rechtzeitig, so setzt sich jener, schon selbstständig im Ei aufgetretene plastische Proceß fort und führt zur Bildung eines neuen Individuums. Tritt die Berührung nicht rechtzeitig ein, so stockt jener Proceß und das Ei geht zu Grunde. Der Punkt in den weiblichen Theilen, an welchem die Berührung eintritt, mag bald den Eierstöcken etwas näher, bald etwas ferner von denselben liegen, je nachdem die Verbindung der Geschlechter der Lösung des Eies vorherging oder kürzere oder längere Zeit auf sie folgte. Bei den Säugethieren scheint die Begegnung von Samen und Ei gewöhnlich in den Eileitern, nicht sehr fern vom Uterinende derselben zu erfolgen. Nach einiger Zeit verlieren die Samenkörperchen in den weiblichen Theilen die Bewegung, die Bestimmtheit der Form; sie gehen zu Grunde. Welcher Art nun die Einwirkung des Samens auf das Ei ist, darüber versagen wir uns, aus oben schon erwähnten Ursachen, jede speciellere Hypothese. Das Geheimniß der Zeugung hat zu allen Zeiten die Phantasie der Menschen erregt und verschiedene Zeiten haben, ihren Einsichten gemäß, dasselbe zu lösen gesucht. Die Folgezeit hat dann diese Vermuthungen widerlegt oder in Vergessenheit versenkt und wir haben keinen Grund zu der Ueberzeugung, daß es unserer Zeit schon gegeben seyn sollte, diesen Schleier zu zerreißen. Wäre dieß aber auch schon möglich, wäre selbst das Wort schon ausgesprochen, welches den Schlüssel des Geheimnisses enthält, so müssen wir darauf bestehen, daß selbst die reinste Wahrheit ohne wissenschaftlichen Werth ist, so lange sie ohne allen Beweis und ohne Aussicht zu einer Prüfung dasteht und auch nicht einmal als Vermittelung zu weiterem Fortschritte dienen kann.

Gegeben ist dem Eie aber mit der Befruchtung nicht bloß der Anstoß zu seiner weiteren Entwicklung, sondern weit speciellere Bestimmungen: das Produkt trägt nicht nur die Züge der Mutter, sondern auch die des Vaters an sich und auch dazu sind die Bedingungen durch den Samen gegeben. Dieser Punkt ist von der höchsten Wichtigkeit und besonders geeignet, die Impotenz der heutigen Wissenschaft, dem hier zu lösenden Probleme gegenüber, in's Licht zu stellen. Eben deßhalb warne ich hier vor der Ansicht, daß die Aehnlichkeit der Kinder

mit dem Vater wesentlich auf der Beschäftigung der Phantasie der Mutter mit dem Bilde desselben, auf dem häufigen Erblicken desselben u. s. w. beruhe. Welchen Einfluß auch die geistigen Vorgänge der Mutter auf das Kind in ihrem Schooße haben mögen — und hier ist jedenfalls unendlich viel gefabelt — die Aehnlichkeiten der Kinder mit dem Vater bedürfen einer solchen Unterstützung nicht. Diese Ueberzeugung drängt sich auf, besonders wenn wir an manche Beobachtungen an Thieren denken, namentlich aber an die Bastardzeugung. Will man etwa annehmen, daß eine von einem Eselhengste bedeckte Stute sich der langen Ohren ihres Beschälers mit besonderer Anhänglichkeit erinnere? Ich fürchte nicht, daß Jemand mit Ja! antworten wird, sonst würde ich rathen, den Versuch so anzustellen, daß man dem bedeckten weiblichen Thiere die Augen verbände; man würde auch der Bastardzeugung der Pflanzen sich erinnern und vielleicht versuchen, auch bei Fischen mit äußerer Befruchtung eine Bastardzeugung zu bewirken.*) Das Einzige nur wollen wir festhalten und hier wiederholen, daß wir die Befruchtung als einen physikalischen Vorgang ansehen, daß wir in der materiellen Beschaffenheit des Samens und des Eies die Ursache der späteren Erscheinungen annehmen. Dieser Annahme bedürfen wir, um der Naturforschung ihr Recht vorzubehalten und auf den Weg der Erfahrung hinzuweisen. Erklärt ist damit nichts, aber es ist die Möglichkeit der Erklärung in Aussicht gestellt, und wir wollen uns hüten, diese gegen eine Phrase auszutauschen. Nichts als eine Phrase, Befriedigung vorspiegelnd aber vor der zugreifenden Hand zerfließend, ist es, wenn man sagt, es sey die im Ei enthaltene Idee des Geschöpfes, welche sich durch die Entwicklung bethätige, und diese Idee sey durch die Befruchtung erweckt.

Verlassen wir jetzt die Abtheilung der Wirbelthiere, um uns den übrigen, niederen Thierformen, zunächst den Arthropoden, zuzuwenden.

Wenn wir aus den früheren Abschnitten unseres Werkes die Ueberzeugung gewonnen haben, daß die Bedingungen, auf denen die individuelle Existenz der Arthropoden beruht, nicht bloß außerordentlich wechseln, sondern im Allgemeinen auch sehr komplex sind, daß ihnen nur durch eine ebenso wechselnde, ebenso komplexe Organisation entsprochen werden kann, dann werden wir Aehnliches auch für die geschlechtlichen Aeußerungen mit Recht vermuthen dürfen. Es gibt keine Gruppe des Thierreiches nächst den Vertebraten, in welcher die Verschiedenheiten der geschlechtlichen Organe und Funktionen gleich zahlreich und auffallend wären; keine, in welcher die Bedürfnisse und Aufgaben der männlichen und weiblichen Individuen, soweit dieselben die Erhaltung der Art bezwecken, mit gleicher Allgemeinheit weit auseinander gingen.

Der körperlichen Geschlechtsverschiedenheiten sind hier — auch abgesehen von den eigentlichen Geschlechtsorganen — so viele, zum Theil so auffallende, daß man fast beständig auf den ersten Blick darnach die einzelnen Geschlechter erkennen kann. Manche dieser Verschiedenheiten sind physiologisch allerdings sehr unwichtig, allein andere sind von einem desto größeren Einfluß auf die Form und Art der jedesmaligen Leistungen. Die geschlechtlichen Beziehungen der einzelnen Individuen zu einander, die Obliegenheiten der Brutpflege sind es, die uns durch ihre Verschiedenheiten in männlichen und weiblichen Thieren auch hier das Verständniß dieser Eigenthümlichkeiten sichern.

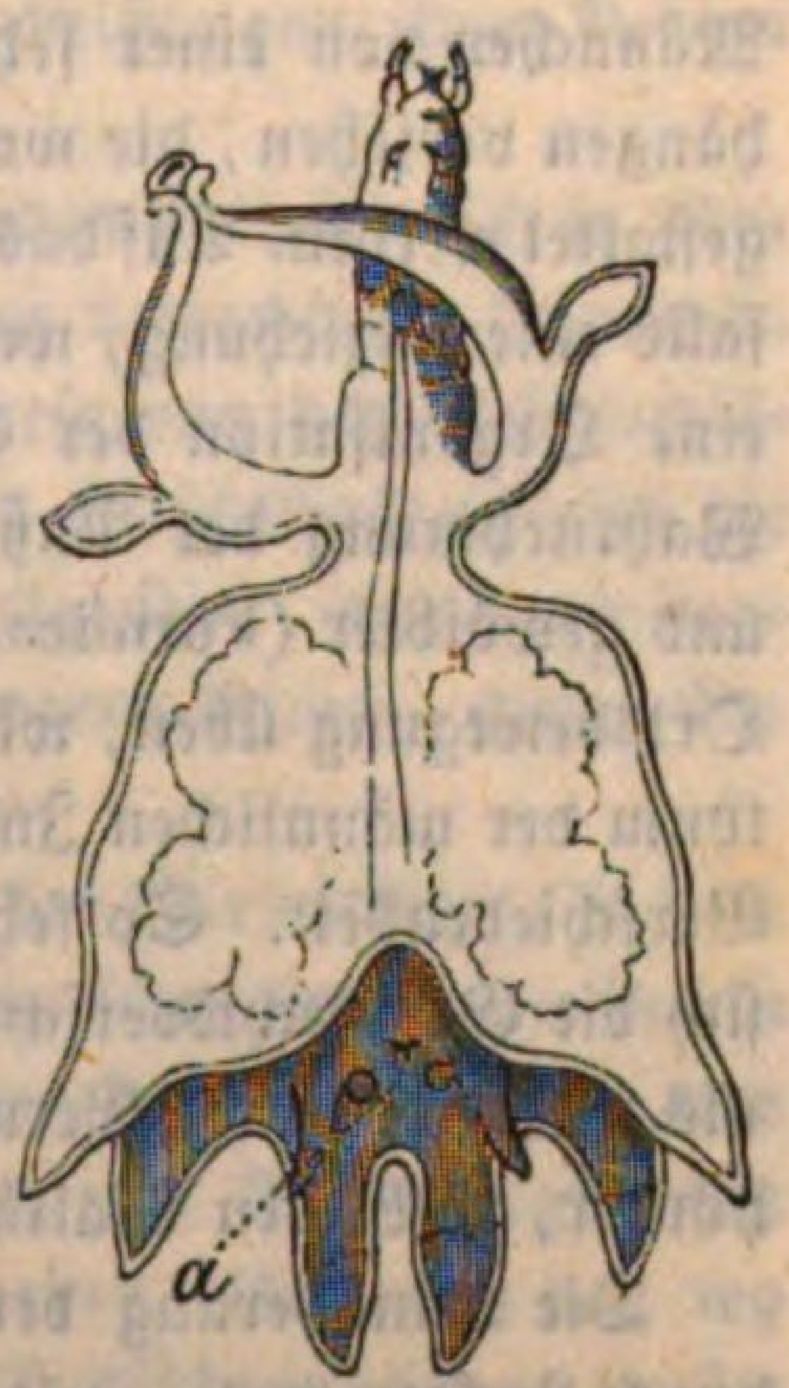
Wir werden bei der näheren Betrachtung dieser Geschlechtsverschiedenheiten zum großen Theil auf ähnliche Verhältnisse stoßen, wie wir sie früher bei den Wirbelthieren als maßgebend für ähnliche Erscheinungen kennen gelernt haben. Zunächst wollen wir übrigens hervorheben, daß jenes Schutzverhältniß, wonach bei den Wirbelthieren die männlichen Individuen so häufig durch Kraft und Ausrüstung zur Vertheidigung der Weibchen und Jungen sich eignen, hier vollständig hinweggefallen ist. Selbst da, wo unter den Arthropoden eine Art Familienleben sich ausgebildet hat, wo, wie bei den Termiten, Ameisen, Bienen,

*) Die Bastardzeugungen bei Pflanzen sind bekannt.

vollkommene, wohlorganisirte Thierstaaten sich vorfinden, ist das Geschäft des Schutzes keine Obliegenheit des männlichen Geschlechtes. Es sind weibliche Individuen (jedoch meistens nur unausgebildete Weibchen, sogenannte Arbeiter oder Geschlechtslose, neutra — über welche später —), die mit der Pflege für die Jungen, so auch mit diesem Amte betraut sind. Die Männchen widmen sich nur den Pflichten des geschlechtlichen Lebens; sie lassen sich selbst in manchen Fällen von den geschäftigen Arbeitern mit Nahrungsstoffen versorgen. Dafür aber werden sie dann auch nach Beendigung des Begattungsgeschäftes, als unnütze Gesellen, aus dem Staate vertrieben oder selbst umgebracht (Drohnenschlacht!). In anderen Fällen sterben die Männchen sehr bald nach der Begattung eines natürlichen Todes, während die Weibchen noch eine kürzere oder längere Zeit leben (sogar überwintern), um die junge Brut in gehöriger Weise besorgen und pflegen zu können. Es ist unter diesen Umständen erklärlich, weßhalb wir nur so selten bei den Männchen der Arthropoden besondere Auszeichnungen durch Waffen u. s. w. antreffen. Und selbst da, wo solche Apparate vorkommen (Hörner auf dem Scheitel und am Prothorax bei dem Nashornkäfer und vielen anderen Blatthörnern, mächtige, geweih- oder scheerenartige Mandibeln bei dem Hirschschröter u. a.), dienen sie in den meisten Fällen wohl weniger zum Kampf und zur Wehre, als vielmehr zum Aufsuchen, Ergreifen des Weibchens bei der Begattung u. s. w. Ebenso wenig war es noch länger nöthig, den Körper der männlichen Thiere mit einer beträchtlicheren Größe auszustatten. Die Motive für größere Kraftleistungen, die darin ihren Ausdruck finden würden, sind hier hinweggefallen. Ist in der Körpergröße der Arthropoden überhaupt ein Unterschied bei männlichen und weiblichen Individuen vorhanden, so fällt derselbe in der Regel zu Gunsten der letzteren aus.

Besonders häufig sehen wir dieses bei den Insekten, obgleich auch die übrigen Gruppen uns genug Beispiele bieten, zum Theil in sehr auffallender Weise dasselbe Verhältniß uns vorführend. Namentlich gilt dieses von den festsitzenden Schmarotzerkrebsen (den Bopyriden und Lernäaden), deren Weibchen eine sehr ansehnliche Größe haben, während die Männchen meist als winzige Zwergformen erscheinen, die an der Oberfläche der Weibchen, meist in der Nähe der Geschlechtsöffnungen, sich aufhalten.

Fig. 333



Weibchen von Tracheliastes. Bei *a* zwei männliche Zwergformen.

Die gedachten Verschiedenheiten finden im Wesentlichen ihre Rechtfertigung wohl in der Erscheinung, daß die Eier bei ihrer Größe und Vielzahl eine beträchtlichere Größenentwicklung des Abdomen verlangen, als das Sperma. Natürlich aber, daß diese dann auch an den übrigen Körper ihre Anforderungen stellt.

Wenn wir bei den sechsfüßigen Insekten jene Größenunterschiede am häufigsten antreffen, werden wir wohl daran zu denken haben, daß diese, als Flugthiere, mit möglichster Ersparung von Gewicht und Raum gebaut sind, bei ihnen also auch die nothwendige Vergrößerung eines Organes (Keimdrüse) weit eher in der ganzen Körperform sich geltend machen mußte. In manchen sehr fruchtbaren Insekten, die ihre Eier schnell hintereinander legen, reicht nun aber trotz dieser beträchtlicheren Größe der Hinterleib für die Bedürfnisse des geschlechtsreifen Eierstockes nicht mehr aus: solche Thiere schwellen zur Brunstzeit und werden selbst mitunter zu unförmlichen, fast bewegungslosen Massen. So wächst z. B. der Hinterleib der weiblichen Termite während der Geschlechtsreife bis auf das Zweitausendfache seines ursprünglichen Volumens. Aehnlich, nur minder auffallend, ist die Vergrößerung des weiblichen Sandflohes (der unter die Nägel der Menschen sich einbohrt und oft zu sehr gefährlichen Entzündungen Veranlassung gibt), der Bienenkönigin u. a. Wie dieser Größenunterschied in solcher Weise bei den weiblichen Arthropoden mit den Anforderungen des geschlechtlichen Lebens übereinstimmt, ebenso ist es auch bei den männ-

lichen Thieren. Aus der Kleinheit des Körpers erwächst diesen der Vortheil der größeren Beweglichkeit, der natürlich bei dem Aufsuchen des anderen Geschlechtes zum Zwecke der Begattung sehr zu Statten kommt.

In den meisten Fällen ist die geringere Körpergröße schon hinreichend, die männlichen Individuen zu diesem Theile ihrer geschlechtlichen Funktionen hinlänglich zu befähigen. Aber nicht in allen. Es sind dann noch andere wechselnde Veranstaltungen getroffen, das Aufsuchen der Weibchen zu erleichtern. Zu diesen gehört vor Allem die bessere Ausrüstung der Männchen mit Bewegungswerkzeugen. Schon manche Falter zeigen uns, wie die Flügel der Männchen an Größe und Flächenentwicklung die der weiblichen Individuen übertreffen. Noch auffallender aber sind die Beispiele, in welchen die Männchen allein mit Flugwerkzeugen versehen sind. So bei dem Johanniskäfer, den Schildläusen, Sackträgern u. s. w. Die Weibchen sind dann (Fig. 334) von einer sehr abweichenden Gestalt, larvenartig und träge. Sie sitzen fast unbeweglich auf derselben Stelle (bei den Sackträgern bleiben sie sogar von den Raupengespinnsten verhüllt) und lassen sich von den lebhaften Männchen umschwärmen. Aehnliches findet sich auch bei den parasitischen Krebsen, deren oben Erwähnung geschehen ist. Während die Weibchen (Fig. 333), die der Locomotionswerkzeuge entbehren, an dem einfachen, undeutlich oder gar nicht gegliederten Leibe mit Haftapparaten ausgerüstet sind, erscheinen die Männchen von einer sehr abweichenden Gestalt und mit Anhängen versehen, die wohl immer noch einige Ortsbewegung gestattet werden. Auf das Aufsuchen der Weibchen hat es gleichfalls eine Beziehung, wenn wir bei dem männlichen Geschlecht, wie es so häufig der Fall ist, eine Organisation der Sinnesorgane vorfinden, die uns eine schärfere und umfassendere Wahrnehmung der Außenwelt vermuthen läßt. So sind namentlich die Augen oft größer und gewölbter (Formica, Hyperia u. a.), mitunter auch, wenn die Weibchen nur geringe Ortsbewegung üben, wie bei den Schildläusen, den Bopyriden u. a., ausschließliches Eigenthum der männlichen Individuen. Auch auf die Nebenaugen erstreckt sich hier und da solche Verschiedenheit. So fehlen diese z. B. bei den weiblichen Mutillen. Noch häufiger machen sich die Geschlechtsverschiedenheiten in der Bildung der Antennen bemerkbar, die wir oben als wahrscheinliche Geruchswerkzeuge kennen gelernt haben. Es genügt hier an die Blatthörner, z. B. den Maikäfer, zu erinnern, oder die Bockkäfer u. s. w.

Fig. 334.



Weibchen und Männchen von Geometra vernalis.

Fig. 335.



Männchen von Tracheliastes.

Die Annäherung der Geschlechter kann aber auch durch andere Mittel erzielt werden, durch Lockapparate, mit denen die männlichen Individuen ausgestattet werden, wenn die Beweglichkeit aus anderweitigen Gründen nicht erhöht werden konnte. Zu diesen gehören vor andern die sog. Stimm- oder Stridulationsorgane der männlichen Orthopteren und Cicaden, die wir schon oben kennen gelernt haben. Auf die Töne dieser Thiere eilen die stummen Weibchen herbei, um sich daran zu ergötzen und zur Liebeslust aufreizen zu lassen. Auch die Gerüche mancher männlichen Insekten scheinen zur Anlockung der Weibchen zu dienen. So wenigstens möchten wir es deuten, wenn wir beobachten, daß die Speicheldrüsen der männlichen Panorpen an Größe und Entwicklung die der weiblichen Individuen außerordentlich übertreffen.

In dieselbe Reihe der geschlechtlichen Verschiedenheiten können wir es auch wohl bringen, wenn wir sehen, wie so viele männlichen Insekten durch eine lebhaftere und schönere Färbung vor den weiblichen sich auszeichnen. Daneben wollen wir es aber auch nicht verkennen, wie

die Letzteren durch die Unscheinbarkeit ihrer Farben weit mehr vor Nachstellungen und Feinden geschützt werden; eine Veranstaltung, die um so zweckmäßiger ist, wenn dieselben an Stärke und Beweglichkeit hinter den Männchen zurückstehen.

Eine andere sehr zahlreiche Gruppe von Geschlechtsverschiedenheiten umfaßt diejenigen, welche sich auf das Begattungsgeschäft beziehen. Sie bestehen in besonderen Ausrüstungen der männlichen Individuen, theils zum Erhaschen und Festhalten der Weibchen, theils zur besseren und leichteren Ueberführung des Samens in die weiblichen Geschlechtsorgane. Besondere Veranstaltungen der ersten Art finden wir namentlich bei denjenigen Arthropoden, deren Weibchen durch große Lebendigkeit sich den geschlechtlichen Nachstellungen leicht entziehen und unter Verhältnissen leben, in denen die männlichen Thiere bei der Bewegung leicht abgestreift werden können. So namentlich bei vielen im Wasser lebenden Insekten und Krebsen, bei vielen Käfern (namentlich Laufkäfern), die auf der Erde, zwischen Steinen u. s. w. sich begatten. Fühler, Mundtheile, Beine und andere Theile des Leibes sind es, die zu diesem Zwecke gebraucht werden und je nach den Bedürfnissen besonders entwickelt seyn können. Bei den männlichen Lauf- und Wasserkäfern tragen die Vorderfüße breitere Sohlen, die zur Befestigung auf dem glatten Rücken der Weibchen dienen und bei den letzteren sogar mit besonderen kleinen Saugnäpfen versehen sind. Dieselben Vorderfüße sind in den männlichen Branchipoden zum Umklammern zangenartig, in vielen anderen Entomostraten mit beweglichen Krallen und Borsten ausgestattet. Die männlichen Cyclopiden besitzen armartig bewegliche Fühler, die männlichen Panorpen zangenartig geformte Hinterleibssegmente zum Festhalten der Weibchen. Eine ähnliche Bedeutung haben offenbar die geweihartigen Oberkiefer der Hirschkäfer, vielleicht auch die Hörner vieler Lamellikornien, die stärker entwickelten Scheeren bei manchen Milben und Krebsen — Alles Auszeichnungen des männlichen Geschlechtes, die bestimmend auf die Sitten und Leistungen ihrer Besitzer zurückwirken.

Die eigentlichen Begattungswerkzeuge der männlichen Arthropoden schließen sich in physiologischer und morphologischer Hinsicht unmittelbar an die eben betrachteten Apparate. Sie sind, gleich diesen, Theile des äußeren Skeletes, nach ihrer Genese von den Geschlechtsorganen im engern Sinne eben so unabhängig, als die Geweihe des Hirschschröters oder die Haftscheiben der Dytisciden. Deßhalb mag es denn auch gerechtfertigt seyn, wenn wir denselben an dieser Stelle, unter den Geschlechtsverschiedenheiten im engern Sinne, einige Berücksichtigung schenken.

Insofern nun diese Gebilde nicht, wie die Begattungswerkzeuge der Wirbelthiere, in dem Plane der eigentlichen Genitalien mit inbegriffen sind, werden wir schon von vorn herein bei ihnen eine große Variabilität der Form und Entwicklung vermuthen dürfen. Es war freilich am einfachsten, den Ausführungsgang der Genitalien selbst zum Begattungsorgan zu verwenden, allein das ist keineswegs bei allen Arthropoden geschehen. Und auch da, wo solches der Fall ist, bedurfte es noch einer weitern Ausrüstung; der Ausführungsgang mußte nicht bloß erfertil seyn, sondern auch durch eingelagerte Skeletstücke gehörige Stütze bekommen. Wo die männlichen Genitalien durch einen unpaaren Ausführungsgang an der Spitze des Hinterleibes sich öffnen, bei den Hexapoden und Skolopendern, da boten sich zu diesem Zwecke die letzten Abdominalsegmente als sehr passende Skeletstücke. Sie bilden bei den genannten Thieren feste Umlagerungen des Samenganges von sehr wechselnder Gestalt, die unter sich, wie mit den vorhergehenden Skeletstücken, gleich den übrigen Segmenten, durch eine zarte Verbindungshaut zusammenhängen, indessen nicht immer frei hervorragen, sondern häufig nach innen eingezogen sind. Die Manchfaltigkeit dieser Theile ist so groß, daß man fast eine jede Art darnach erkennen kann. Von den vorausgehenden Segmenten unterscheiden sie sich beständig in größerem oder geringerem Grade, namentlich durch geringere Breite und Längsstreckung, häufig auch durch Gliederung in dieser oder jener Richtung. Bald erscheinen sie als unpaare Röhren oder Rinnen, bald als paarige Leisten, die

am Ende oftmals eine klappen- oder zangenförmige Gestalt darbieten. Es sind die manchfaltigsten Nebenbestimmungen, die sich in diesen Formen geltend machen. Wir werden den Umfang derselben so ziemlich erschöpfen, wenn wir sagen, daß sie auf eine innigere Verbindung der Geschlechter im Begattungsakte hinzielen. Um dieselbe möglichst vollständig zu machen, sind auch die weiblichen Genitalien an ihrer Ausmündung von bestimmten Chitinstücken umfaßt, die zu den Skelettheilen des Abdomen eine gleiche morphologische Relation haben. Man hat ein großes Gewicht darauf gelegt, daß diese, trotz ihrer manchfaltigen Verschiedenheiten, den harten Copulationsorganen der betreffenden Männchen sehr vollständig entsprechen und sie als Hindernisse für die Begattung fremdartiger Individuen, als Vorkehrungen für die Erhaltung der Typen, angesehen. Wir sind weit davon entfernt, diese teleologischen Beziehungen zu leugnen, möchten sie aber doch der physiologischen um so mehr nachstellen, als die Beobachtungen einer (ob immer fruchtlosen?) Begattung verschiedener Spezies gerade unter den Insekten nicht zu den Seltenheiten gehören. Die Lage der männlichen Genitalöffnung ist nun aber keineswegs beständig im Hinterleibsende. Sehr häufig rückt sie von da eine Strecke weit nach vorn, namentlich bei den Spinnen und Krebsen. In diesem Falle sind die paarigen Segmentanhänge des Leibes in Copulationsorgane verwandelt, wenn dieselben überhaupt vorkommen. Bei den höheren Krebsen fungiren die Afterfüße des ersten Schwanzringels in dieser Weise. Sie sind zu stielförmigen Rinnen geworden, an deren Basis die Samengänge sich öffnen.

Die Begattungswerkzeuge der männlichen Spinnen sind die Unterkiefertaster, deren angeschwollenes Endglied eine löffelförmige Höhle enthält, aus welcher mancherlei rinnen-, haken- oder schuppenförmige Fortsätze vorgeschoben werden können. Die Höhle dient zur Aufnahme des Samens, während die übrigen Gebilde zur Fortleitung und zum Festhalten bei der Begattung bestimmt sind.

Von der Mündungsstelle der Samenleiter sind diese Organe sehr weit entfernt. Sollen sie deßhalb als wirkliche Copulationsorgane fungiren, so müssen sie vor der Begattung mit Sperma versehen werden. Dieses geschieht dadurch, daß das Männchen einen Tropfen Samenflüssigkeit entleert und denselben sodann mit dem löffelförmigen Endglied der Tasten aufschöpft, um ihn von da später in die weiblichen Genitalien überzuführen.

Eine sehr ähnliche Anordnung sehen wir auch unter den Insekten bei den Libelluliden, deren Begattungsorgane nicht an dem Hinterleibsende, sondern, getrennt von dem Samengang, an dem Grunde des Bauches gelegen sind. Sie bestehen aus einem cylindrischen Fortsatz, der auf einer kleinen Kapsel aufsitzt und in einer besondern Grube versteckt ist. Die Kapsel wird vor der Begattung durch den nach unten umgebogenen Hinterleib mit Sperma gefüllt. Das Beispiel der Libelluliden muß uns sehr auffallen, da es als das einzige dieser Art unter den Insekten dasteht. Berücksichtigen wir aber, daß die Libellen sich im Fluge begatten, so werden wir uns gewiß überzeugen müssen, daß solche Anordnung bei der gegebenen Körperform dieser Thiere am zweckmäßigsten ist. Sie verlangt während des Aktes eine bestimmte Haltung und Lage des Körpers, die den Anforderungen der Gewichtsvertheilung bei einem fliegenden Körper möglichst entspricht. Außer den Libellen sind freilich noch andere Insekten im Stande, den Begattungsakt im Fluge zu vollziehen, allein dann ist wohl beständig durch anderweitige Vorrichtungen (Form des Körpers und der Flugflächen) den Anforderungen des Flugvermögens Rechnung getragen.

Während die bisher betrachteten Geschlechtsverschiedenheiten der Arthropoden meist durch eine besondere Ausrüstung und Begabung der männlichen Individuen bedingt waren, finden wir außer ihnen auch noch andere, die eine hervorstechende Eigenthümlichkeit des weiblichen Geschlechts bilden. Diese umfassen alle diejenigen Veranstaltungen, die auf das Brutgeschäft, den Schutz der Eier, die Pflege der Jungen, Bezug haben, auf ein Geschäft, das, wie es scheint, den männlichen Arthropoden durchweg fremd bleibt. Die Sorge für Eier und Brut ist aber auch bei den weiblichen Arthropoden sehr verschieden, bald größer,

bald kleiner, und durch verschiedene Einrichtungen vermittelt. Betrachten wir zunächst das Schicksal der Eier nach der Befruchtung. Da sehen wir, daß dieselben entweder bis zum Ausschlüpfen der Jungen in dem mütterlichen Organismus verweilen, oder von dem Weibchen, an dem Körper angeheftet, umhergetragen werden, oder endlich schon vor der Entwicklung des Embryo an fremden Orten eine Lagerstätte finden. Das erstere Verhältniß setzt eine Anordnung der inneren Genitalien voraus, die wir später erst berücksichtigen können. Im zweiten Falle, der namentlich bei Crustaceen vorkommt (die wegen Aufenthalt und Bewegungsweise wohl am wenigsten durch diese Last behindert werden), sind meist einzelne Körperanhänge zur Befestigung und Aufnahme der Eier besonders entwickelt. Die fadenförmigen Afterfüße an dem Schwanze der weiblichen Decapoden, die schuppenförmigen Blätter an dem Basalglied der Locomotionsorgane bei Asseln und Amphipoden sind derartige Apparate. Auch die Schalen mancher Entomostraken dienen zur Aufnahme der Eier. Wo solche Gebilde fehlen, werden die Eier nicht selten mit dem Sekrete besonderer Drüsen (der sog. Kittdrüsen) überzogen und in Schnüren oder sackförmigen Packeten an dem Leibe befestigt. So bei den weiblichen Lernäaden und vielen anderen Entomostraken. Auch die Spinnen überziehen ihre Eier mit einer Hülle, die sie aus den Spinndrüsen gewinnen. Indessen ist es nur selten, daß sie dieselben mit sich umhertragen, wie die Wolfsspinnen u. e. a. In der Regel werden die Eier von ihnen, wie von den Insekten, nach außen abgesetzt und irgendwo deponirt. Es geschieht dieses aber nicht an jedem beliebigen Orte. Mit großer Sorgfalt wird die Wahl getroffen. Begabungen der verschiedensten Art befähigen dabei zu den manchfaltigsten und wunderbarsten instinktiven Handlungen. Die Rücksichten, welche diese Handlungen leiten, welche überhaupt bei dem ganzen Geschäfte des Eierlegens sich geltend machen, finden in den Bedürfnissen der jungen Brut ihre teleologische Begründung. Die Eier bedürfen des Schutzes gegen äußere Einwirkungen (Witterung, Feinde u. s. w.), die neugeborenen Thiere einer angemessenen und hinreichenden Nahrung. Diesen Bedürfnissen zu entsprechen, müssen von Seiten der Mutter bestimmte Vorkehrungen getroffen werden, die um so nothwendiger sind, wenn die jungen Thiere an Bewegungsfähigkeit hinter den ausgewachsenen zurückstehen. Die Insekten, namentlich die mit vollkommener Metamorphose, können derselben daher weniger entbehren, als die Spinnen u. s. w. Von diesem Gesichtspunkt haben wir die Härte der äußern Eihaut, die Unscheinbarkeit ihrer Farben, die Befestigungsweise derselben (auch am äußern Körper der Mutter), ihre Umhüllungen u. s. w. zu betrachten. Doch darauf werden wir später noch einmal zurückkommen. Was uns hier zunächst berührt, sind die besonderen Ausrüstungen der weiblichen Thiere, die sie befähigen, für die junge Brut in passender Weise zu sorgen.

Fig. 336.



Monoculus mit Eisäcken.

Viele Thiere graben zu diesem Zwecke mit den Kiefern oder Vorderbeinen Löcher und Gänge in Erde und Holz, andere (Todtengräber) verscharren thierische Leichen oder Düngerkugeln (Pillendreher), um den Larven ihre erste Nahrung zu verschaffen. Wo solches durch den Mangel oder eine abweichende Einrichtung der Instrumente unmöglich geworden, sind andere Veranstaltungen getroffen worden. Die Spitze des Hinterleibes mit der Genitalöffnung ist dann bei den weiblichen Insekten einer starken Verlängerung fähig, um die Eier in Spalten, in weiche pflanzliche oder thierische Substanzen zu versenken, oder auch zum Bohren von Erdlöchern, zum Durchstechen der äußeren Bedeckungen mit harten Spitzen und Stacheln von verschiedener Zusammensetzung und Größe versehen, in denen wir wiederum die letzten metamorphosirten Körpersegmente erkennen. Beispiele dieser Art bieten uns z. B. unsere Stubenfliegen (Legröhre), die Heuschrecken (Fig. 337), Ichneumoniden (Legestachel) u. v. a.

Die weiblichen Hymenopteren sind außerdem noch häufig mit besonderen Giftapparaten versehen, die durch den Stachel ausmünden. Namentlich sind dieses diejenigen Arten, deren

Larven eine animalische Kost verlangen. Der Apparat dient dann zum Fange von Insekten, die, bewegungslos nach der Verwundung, neben den Eiern deponirt werden und den Jungen zur ersten Nahrung dienen.

Fig. 337.



Heimchen mit Legestachel.

Fig. 338.



Hinterbein einer Arbeiterbiene.

Auch andere vegetabilische Stoffe werden mitunter von den weiblichen Thieren zur Ernährung der Brut herbeigeschafft, wie namentlich von den Bienen. Zur Einsammlung des Blüthenstaubes besitzen diese an den Hinterbeinen eine besondere Einrichtung, den sog. Korb, in welchem sich derselbe zu großen Haufen ansammelt. Bei ihnen beschränkt sich auch die Sorgfalt der weiblichen Individuen (Arbeiterinnen) nicht auf die Eier, sondern erstreckt sich noch weiter, über die junge Brut, die mit beständig neuer Nahrung versorgt werden muß, weil sie durch den Mangel der locomotorischen Apparate aller Mittel beraubt ist, sich dieselbe selbst zu verschaffen. Sonst ist übrigens solche Sorgfalt nur selten: gewöhnlich erstreckt sich die geschlechtliche Thätigkeit der weiblichen Arthropoden nur bis zum Ablegen der Eier. Durch passende Auswahl des Ortes ist dafür gesorgt, daß auch die hülflosesten Larven nach dem Ausschlüpfen eine hinreichende Nahrung antreffen.

Die Arthropoden sind bis auf die festsitzenden Cirripedien, bei denen wir männliche und weibliche Organe in demselben Thiere antreffen, getrennten Geschlechtes. Daß bei dem Hermaphroditismus dieser Crustaceen die Lebensweise maaßgebend gewesen sey, läßt sich kaum läugnen. Erlaubte die Organisation derselben eine Annäherung der verschiedenen Individuen, so würden sie auch gewiß mit verschieden entwickelten Generationsorganen ausgestattet seyn.

Die Geschlechtsorgane der Arthropoden, männliche wie weibliche, zeigen einen verschiedenen Bau. Außer den Keimdrüsen und den Ausführungsgängen, die überall vorkommen, finden sich häufig noch besondere accessorische Organe, die auf die Begattung und die Brutpflege Bezug haben. Betrachten wir zuerst die weiblichen Genitalien (Fig. 339 u. 340). Die Eierstöcke, die den Charakter der übrigen Drüsen bei den Arthropoden im Wesentlichen wiederholen (vergl. was wir oben in dieser Hinsicht von dem Verhältniß zwischen Drüsenbau und Gefäßentwicklung gesagt haben), erscheinen überall als hohle, röhrenförmige Organe, die an dem einen Ende blind geschlossen sind, während das andere sich unmittelbar in den Eileiter fortsetzt. Die Form dieser Drüsen richtet sich nach den Anforderungen, die an die Fruchtbarkeit der einzelnen Arten gestellt sind. Reicht die Thätigkeit eines einfachen Schlauches für die Bedürfnisse nicht aus, so bekommt der Eierstock eine zusammengesetztere Form: er löst sich in eine Anzahl von verschieden langen und zahlreichen Röhren auf, die bald wirtelförmig auf dem Anfang des Eileiters aufsitzen, bald auch kamm-, bürsten- oder ährenförmig um einen gemeinsamen Keimgang sich gruppiren, der nach Außen in den Eileiter übergeht. In anderen Fällen finden sich auch mancherlei unregelmäßige Verästelungen am Eierstocke. Daß Zahl und Länge der Eiröhren in gewissem Sinne einander entsprechen, ergibt sich schon einfach aus der Ueberlegung, daß eine gleichgroße absondernde Fläche ebensowohl durch lange und zahlreiche, als durch kurze und weniger zahlreiche Ausstülpungen

geschaffen werden kann. Daher finden wir denn auch gewöhnlich bei geringer Zahl der Eiröhren eine beträchtlichere Länge derselben und umgekehrt. Nun ist es aber leicht ersichtlich, daß für die räumlichen und physiologischen Verhältnisse gewisser Organisationen es nicht gleichgültig seyn konnte, ob die eine oder andere Art der Flächenvergrößerung ihre Anwendung gefunden hat. Namentlich gilt dieses von den fliegenden Insekten, und daher mag es denn z. B. kommen, daß wir bei den Schmetterlingen, die unter den besseren Seglern im Allgemeinen die ungünstigsten Größenverhältnisse des Körpers darbieten, wenige (4) sehr lange Eiröhren antreffen, bei den Heuschrecken, die nur wenig und beschwerlich fliegen, zahlreiche kammartig angeordnete Eiröhren. Die ersteren lassen natürlich eine weit gleichmäßigere und günstigere Vertheilung des Gewichtes durch den ganzen Körper zu, während die andern, die nur wenig nach Vorn emporragen, das Gewicht vornehmlich in dem hintern Ende des Abdomen concentriren. Die zusammengesetzten Formen des Eierstockes finden wir hauptsächlich bei den Insekten, wohl deßhalb, weil mit dem Flugvermögen dieser Thiere zugleich die Nothwendigkeit einer möglichst großen Raumersparniß gegeben ist. Eine zusammengesetzte Drüse vermag ja auf einem bei Weitem kleineren Raume dieselbe Leistung zu vollführen, als eine einfache. Die einfachen sack- und schlauchartigen Formen der Eierstöcke beschränken sich auf die übrigen Klassen der Arthropoden, obgleich auch in diesen sehr zahlreiche Arten einen zusammengesetzteren Bau der Eierstockdrüsen zeigen. — Die Eierstöcke der Arthropoden sind paarige Organe, die unter den Bedeckungen des Rückens rechts und links neben dem Darme liegen. Bei den luftathmenden Arten sind sie von zahlreichen Tracheenzweigen umsponnen und in ihrer Lage erhalten. Wo diese Befestigungsweise nicht ausreicht, sind die einzelnen Röhren gewöhnlich (Insekten) in zarte Fäden ausgezogen, die sich einzeln oder zu einem Bündel geeinigt an den Thorax, mitunter auch an das Rückengefäß festsetzen. Die Crustaceen entbehren solcher Vorkehrungen bei ihrem Aufenthalte im Wasser ohne Nachtheil. Ihre Ovarien liegen frei zwischen den übrigen Eingeweiden des Körpers und werden nur bisweilen (namentlich bei den Decapoden) dadurch in ihrer Lage erhalten, daß beide Ovarien durch eine mittlere, über den Darm hinlaufende Brücke unter sich zusammenhängen. Aehnliches findet sich auch bei manchen Arachniden (Phalangium, Scorpio) und den Myriapoden. In den letzteren sind beide Ovarien sogar gewöhnlich zu einer unpaaren, gemeinsamen Masse zwischen Darm und Rückengefäß verschmolzen; eine Bildung, die übrigens auch bei einigen Insekten (Staphylinen) vorkommt.

Die Drüsenwände des Ovariums liefern das Material für die Bildung der Eier, an denen wir im vollendeten Zustand Keimbläschen mit Keimfleck, Dotter und Umhüllungshaut unterscheiden. Die letztere ist entweder strukturlos, wie eine Zellenmembran, und dann sehr zart und dünn (Crustaceen und Arachniden), oder von körniger Textur und großer Solidität (Insekten). Im ersteren Falle entstehen die Eier nach dem gewöhnlichen Typus der Zellenbildung als kleine Elemente, die erst allmälig sich mit Dottermasse füllen; im anderen aber bildet sich die Umhüllungshaut erst dann, wenn bereits die Dottersubstanz in hinreichender Menge sich um das Keimbläschen herumgelagert hat. Diese letztere Bildungsweise, die man bei den Insekten beobachtet, ist sehr merkwürdig und von einiger Verschiedenheit bei den einzelnen Gruppen, worauf wir uns jedoch hier nicht weiter einlassen können. Die ersten Anfänge des Eies (Keimbläschen mit Keimfleck) entstehen dabei im obersten Ende der Eierstockröhre. Je weiter die Eier nach unten rücken, desto mehr erreichen sie ihre vollkommene Ausbildung. Sie liegen in einfacher Reihe hinter einander, sammeln sich aber nicht selten in größerer Menge im Keimgang oder dem Anfangstheile des Eileiters, der zu diesem Zwecke mitunter erweitert ist. Bei den sackförmigen Ovarien, die in ihrer ganzen Fläche zur Produktion von Eiern befähigt sind, fallen die reifen Eier in die innere Höhlung, wo sie bis zu ihrer weiteren Fortführung sich anhäufen.

Die Größe der reifen Eier ist bei den Arthropoden im Allgemeinen nicht unbedeutend, namentlich wenn wir sie mit der Größe der Mutterthiere vergleichen. Die letztere ist mit

ihren wechselnden Verschiedenheiten überhaupt kein direktes Maaß für die ersteren: wir sehen viele kleinen Arthropoden sehr große Eier legen und umgekehrt. Bei manchen Milben z. B. erreichen die Eier fast ein Drittheil der gesammten Körpergröße. Von dem relativen Größenverhältniß zwischen Ei und Mutterthier aber ist es abhängig, wie viele Eier in derselben Zeit zur Reife kommen. Während jene Milben jedesmal nur ein einziges Ei gebären, sollen die Termitenweibchen an einem einzigen Tage eine Brut von 80,000 Eiern ablegen. Auch bei minder beträchtlicher Körpergröße kann übrigens die Fruchtbarkeit groß seyn, wenn nämlich die Zeit des Eierlegens eine längere Dauer hat. Als Leitungsapparate der reifen Eier dienen die Ovidukte, die, wie wir gesagt haben, überall in unmittelbarem Zusammenhang mit den Ovarien stehen. Sie sind längere oder kürzere Kanäle von verschiedener Weite, die an den Seiten des Darmes nach der Bauchfläche hinabsteigen. Ihr Verlauf ist ganz gerade und ihre Länge deßhalb auch niemals sehr beträchtlich. Die Eileiter sind doppelt, wie die Ovarien, selbst da in der Regel, wo die letzteren in der Mitte des Körpers verschmolzen sind. In sehr vielen Fällen (Crustaceen, Juliden) bleiben sie auch doppelt bis zur Mündung, während sie in anderen (manchen Crustaceen, Arachniden, Insekten) zu einem mehr oder minder langen unpaaren Gange vorher zusammenfließen.

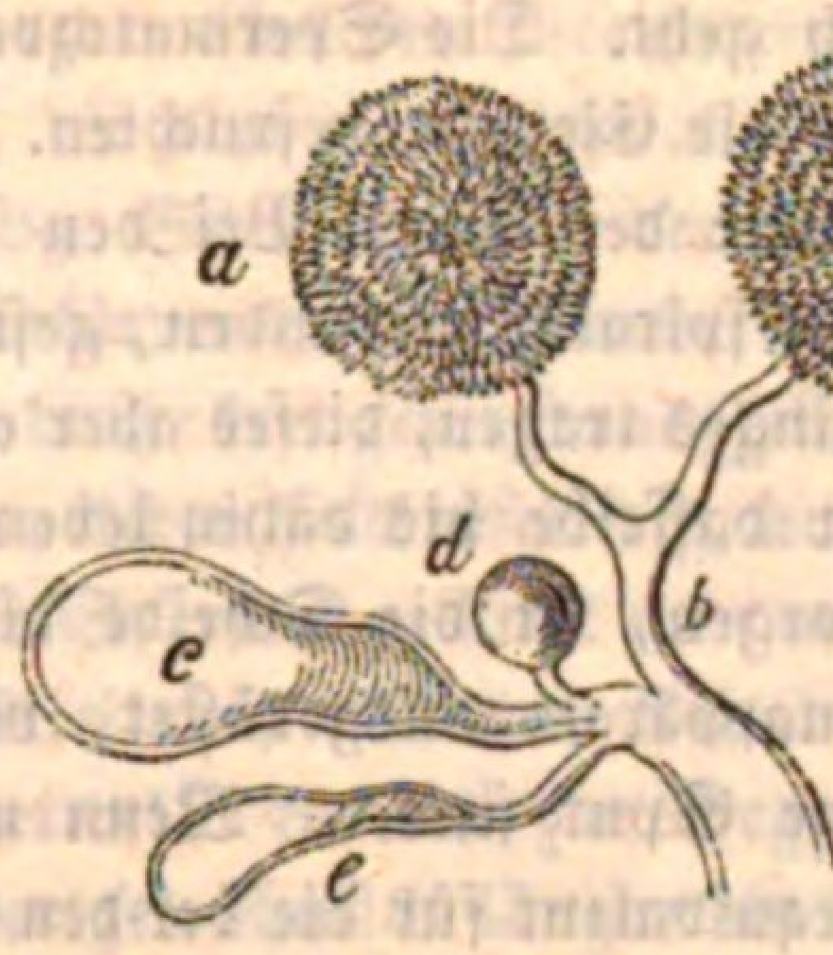
Was die Lage der äußeren Geschlechtsöffnung betrifft, so zeigt diese einen manchfachen Wechsel, der auch auf die Anordnung der inneren Theile, den Verlauf der Eileiter, nicht ohne Einfluß ist. Bei den sechsfüßigen Insekten und den Scolopendern münden die weiblichen Genitalien am Hinterleibsende, unter dem After, bei den Spinnen an dem Anfang des Abdomen, bei den Crustaceen vor dem Schwanze (bei den Decapoden am dritten Beinpaare), bei den Juliden am dritten Körpersegmente. Das Ende der Eileiter oder des gemeinsamen mittleren Eierganges, wo dieser vorkommt, zeichnet sich durch eine stärkere Muskulatur aus. Es dient zur Aufnahme des Penis bei der Begattung und wird mit dem Namen der Scheide bezeichnet. Bei den Insekten ist dieselbe an der Ausmündung mit den früher erwähnten festen Skelettheilen versehen und am hinteren Ende sehr häufig zu einem mehr oder minder abgesetzten sackartigen Anhange (der sogenannten Begattungstasche, bursa copulatrix) ausgestülpt, in den die Spitze des Penis bei der Begattung hineinreicht. Noch bevor die Eier der Arthropoden nach Außen getreten sind, geht die Befruchtung derselben durch den Contakt mit dem Samen vor sich. Zu diesem Zwecke verweilt das Sperma entweder in den Begattungsorganen oder es tritt von da aus in einen besonderen Befruchtungsapparat, der der Scheide anhängt. Dieser Apparat, der nur bei den Crustaceen und auch hier nicht einmal überall vermißt wird, der in großer Allgemeinheit namentlich bei den Insekten vorkommt, ist ein polymorphes Gebilde, bald einfach, bald doppelt und selbst dreifach (bei den Dipteren). Nur in seltenen Fällen (namentlich bei den Arachniden Hyas, Cypris u. a.) erscheint es schlauchförmig; gewöhnlich ist es ein mehr oder minder lang gestieltes Bläschen, das zur Aufnahme der Spermatozoen dient und öfters auch noch eine besondere paarige oder unpaare kleine Drüse aufnimmt. Man hat vermuthet, daß das Sekret dieser Drüse den Spermatozoen zur Ernährung diene — und es ist wahr, daß die Spermatozoen der Begattungstasche sich oft viele Monate lang in völliger Integrität erhalten — allein es ist uns viel wahrscheinlicher, daß der Nutzen desselben sich darauf beziehe, den Gang der Samentasche für die Spermatozoen wegsam und schlüpfrig zu erhalten. Für solche Bedeutung ist auch die Insertion dieser Drüse an dem obersten Ende des Samenganges (die wenigstens die häufigere ist) sehr zweckmäßig, weit mehr, als für jenen andern hypothetischen Nutzen. Wo besondere Drüsen der Art fehlen, wird die Wandung des Samenganges selbst ein solches Sekret liefern. Außerdem scheint das Sekret dieser Anhangsdrüse in manchen Fällen auch zur Verdünnung des Sperma zu dienen, um die Ausbreitung desselben zum Zweck der Befruchtung zu befördern. Für solche Ansicht spricht es wenigstens, wenn wir sehen, wie gerade da, wo die Stellung des Samenbehälters zu den vorbeipassirenden Eiern sehr ungünstig ist (Elater), jene Drüse eine ausnehmende Entwicklung zeigt. Sind die

Fig. 339.



Weibliche Genitalien von Platysoma frontale.

Fig. 340.



Weibliche Genitalien von Meloe proscarabaeus.

Zu Fig. 339 u. 340.

a, a Eierstöcke.
b Unpaarer Eileiter.
c Begattungstasche, der Blindsack der Scheide.
d Samentasche.
e Anhangsdrüse.

Spermatozoen in die Scheide ejaculirt, so werden sie theils durch eigene Beweglichkeit, theils auch wohl durch Hülfe der umgebenden muskulösen Wandungen in die Samentasche übergeführt. Der Samengang entspringt deßhalb gewöhnlich am Ende der Scheide, dicht oberhalb der Begattungstasche, wenn solche vorhanden ist, oder selbst unmittelbar aus derselben. In der Samentasche verweilen die Spermatozoen bis zur Reife der Eier, die oft durch einen längeren Zwischenraum von der Begattung getrennt ist. Treten die reifen Eier dann nach Außen — ein Vorgang, der auch hier, wie bei den Wirbelthieren, ganz unabhängig von der geschlechtlichen Vereinigung zu bestimmten Zeiten stattfindet —, so werden die Spermatozoen aus der Samentasche entleert, dieselben zu befruchten. Vielleicht, daß die andrängenden Eier selbst auf die Samentasche drücken und das Sperma austreiben. Wo nicht, so wird die muskulöse Hülle der Samentasche in dieser Weise wirken.

Nach der Befruchtung werden die Eier sehr häufig noch von einem besondern klebrigen Secret überzogen, das zur Befestigung derselben dient, auch wohl zum Schutze und zur Ernährung der Jungen, wenn es in reichlicher Menge vorhanden ist, wie namentlich bei vielen Insekten, die ihre Eier in's Wasser legen. In den meisten Fällen wird diese Masse wohl ohne weitere Hülfsmittel von den Wandungen der Scheide abgesondert. Nur bei den Insekten besitzt dieser Abschnitt gewöhnlich noch ein Paar einfacher Drüsen, die man den Kittdrüsen der weiblichen Lernäaden vergleichen könnte, wenn diese nicht ihre besonderen Ausmündungen hätten. Sehr selten sind solche Drüsen weiter oben angebracht, wie namentlich bei den weiblichen Hydrophilen. Damit nun aber durch diese Anordnung die Befruchtung nicht gehindert werde, besitzt dann die Samentasche noch einen besonderen Ausführungsgang, der sehr weit oben in den gemeinsamen Eiergang einmündet und den Contakt der Spermatozoen noch vor der Umhüllung der Eier ermöglicht. In ähnlicher Weise besitzen auch die Schmetterlinge einen besonderen Ausführungsgang der Samentasche, dessen Nothwendigkeit dadurch bedingt ist, daß die Begattungstasche hier mit den übrigen Genitalien nicht mehr zusammenhängt, sondern vor denselben durch eine besondere Oeffnung nach Außen führt. — Werden die Eier der Arthropoden bis zum Ausschlüpfen der Jungen im Innern des mütterlichen Körpers aufbewahrt (was übrigens im Ganzen nur sehr selten geschieht), so ist der Ort dafür gewöhnlich die Scheide. Nach der Anordnung des Befruchtungs-Apparates ist dieses wohl das Einfachste, indessen doch nicht das einzig Mögliche,

da wir sehen, daß wenigstens bei dem Scorpion die Entwicklung der Jungen in dem Ovarium vor sich geht. Die Spermatozoen müssen hier aus den Samentaschen bis dahin emporsteigen, um die Eier zu befruchten. In den übrigen Fällen ist die Scheide lang und weit, zur Aufnahme der Eier. Bei den Tachinen, die eine große Menge von Larven enthalten, erscheint sie spiralig gewunden, gestreckt dagegen bei den sogenannten Pupiparen, die immer nur ein Junges tragen, dieses aber erst dann gebären, wenn es in das Puppenstadium getreten ist. Um dasselbe bis dahin lebendig zu erhalten und mit dem nöthigen Bildungsmaterial zu versorgen, ist die Scheide dieser Thiere noch mit einem besonderen, sehr ansehnlichen Drüsenapparate ausgerüstet, von dem sich natürlicher Weise bei den übrigen Arthropoden keine Spur findet. Wenn man will, mag man in solcher Vorkehrung ein physiologisches Aequivalent für die bei den Säugethieren vorkommende Placentarverbindung zwischen Mutter und Kind sehen, oder die Drüse mit einer Milchdrüse vergleichen, die Scheide mit dem Marsupium der Beutler. So Vieles ist jedenfalls ersichtlich, daß bei dieser Einrichtung, wo die Sorge für die Jungen in der Sorge für das eigene Leben aufgeht, jene anderweitigen, auf die Wohlfahrt der Brut bezüglichen Thätigkeiten, von denen wir oben so manche Beispiele angeführt haben, ohne Nachtheil hinwegfallen konnten. Was dort fast das Produkt eines überlegenden Verstandes schien, ist hier den Augen des Beobachters entzogen und dem innern Walten der plastischen Prozesse anheimgegeben.

In den männlichen Genitalien sind die Hoden die morphologischen und physiologischen Vertreter der weiblichen Eierstöcke. Sie gleichen denselben in ihrem allgemeinen Verhalten, Lage und Bau so vollkommen, daß wir fast nur zu wiederholen hätten, was wir von den Eierstöcken in dieser Hinsicht gesagt haben. Auch ihre Form ist häufig ganz dieselbe. Es fehlt allerdings nicht an mancherlei Abweichungen (namentlich in den Insekten), allein diese finden ihre Rechtfertigung, sobald wir nur bedenken, daß zur Sekretion des Sperma eine verhältnißmäßig kleinere Fläche ausreicht, als zu der der Eier, daß ferner auch eine möglichst große Raumersparniß für das männliche Geschlecht (man vergleiche, was wir oben über die teleologischen Beziehungen der größeren Beweglichkeit bei den Männchen gesagt haben) ein dringenderes Bedürfniß ist, als für die Weibchen. Daher kommt es, daß die Hoden weit häufiger eine einfache sack- oder fadenförmige Gestalt haben, als die Eierstöcke, daß in den zusammengesetzten Formen die einzelnen Röhren entweder kürzer sind oder auch einen complicirteren Bau zeigen, dessen Bedeutung wir sehr bald einsehen, sobald wir nur bedenken, daß dadurch auf einem kleineren Raume eine möglichst große Fläche gewonnen wird. Auf die einzelnen Formen näher einzugehen, die dadurch entstehen, halten wir für überflüssig, zumal wir noch keine weitere physiologische Einsicht darin gewonnen haben. Wir begnügen uns, auf die Fliegen, Heuschrecken und Maikäfer zu verweisen, die als passende Beispiele die von uns angemerkten Verschiedenheiten erläutern mögen. Einen andern Ausdruck derselben Zweckmäßigkeitsbeziehung zwischen dem Bau der Hoden und der Organisation und Begabung der männlichen Arthropoden finden wir darin, daß diese Theile, weit häufiger als die Ovarien, zu einer unpaaren Masse in der Mittellinie verschmelzen. Es ist dieses nicht nur da beständig der Fall, wo wir dasselbe von den weiblichen Keimdrüsen angeführt haben, sondern auch sonst noch häufig, besonders bei den Schmetterlingen, die, wie wir schon an einem anderen Orte angeführt haben, die ungünstigen Verhältnisse ihres Körpers durch anderweitige Einrichtungen (namentlich auch durch eine sehr ausgebreitete Flugfläche) eliminiren müssen, um zu andauerndem schnellem Fluge geschickt zu werden. Wenn wir in anderen Arthropoden sehen, daß die beiden Hoden nur in der Mittellinie zusammenhängen (Decapoden, viele Milben) oder durch eine gemeinsame äußere Umhüllung zusammengehalten werden (Blatta, Anthidium, Scatopse u. a.), werden wir dieses übrigens kaum in solcher Weise deuten können. Wir möchten darin weit eher ein Mittel zur größeren Befestigung der Keimdrüsen erblicken, die öfters auch und namentlich bei größeren Hoden (Acridium) durch ähnliche Filamente vermittelt ist, wie bei den Eierstöcken.

Die Samenkörperchen, die in den Hoden entstehen, haben in der Regel eine einfache Fadenform. Doch gibt es auch mancherlei abweichende Formen (bei den Decapoden und vielen Entomostraken, bei den Juliden und vielen Milben), die aber noch nicht alle hinlänglich genau bekannt sind. Manche derselben (namentlich die sog. Strahlenzellen der Decapoden) mögen bloße Entwicklungsstufen von fadenförmigen Samenkörperchen seyn, andere aber sind entschieden abweichende Bildungen von einfacherer Genese, bloße frei gewordene Zellenkerne mit mehr und minder veränderter Form. Solche Samenkörperchen sind beständig, auch im vollständig entwickelten Zustande, ohne Bewegung. Das reife Sperma gelangt nun aus dem Hoden in die ausführenden Samengänge, die, gleich den Eileitern, mit den Keimdrüsen überall in continuirlichem Zusammenhange stehen. Hier verweilt es bis zur Begattung. Um den nöthigen Raum zu gewinnen, sind die Samenleiter gewöhnlich länger als die Oviducte, oft sehr beträchtlich, und hie und da an einer Stelle blasig erweitert. Die Samenleiter beider Seiten bleiben, wie die Oviducte, bald beständig getrennt, so daß eine doppelte Genitalöffnung vorkommt, bald vereinigen sie sich zu einem unpaaren Gang, der in der Mittellinie verläuft. Das Letztere ist vornehmlich da der Fall, wo die Geschlechtsöffnung an dem Hinterleibsende liegt (Hexapoda, Scolopendra, auch Lepas), seltener (Arachnidea) bei einer andern Anordnung. In dieser Hinsicht, wie auch in der Lage der Genitalöffnung, findet sich gleichfalls eine Uebereinstimmung mit dem weiblichen Geschlecht, die nur in seltenen Fällen eine Ausnahme erleidet, wie z. B. bei den Decapoden, bei denen die männlichen Oeffnungen weiter hinten, an dem Basalglied des letzten Beinpaares vorkommen. Wo ein mittlerer unpaarer Samengang vorkommt, — sehr selten (Cypris u. s. w.) auch im anderen Falle — findet sich gewöhnlich (besonders bei den Insekten und Scolopendren) an der Vereinigungsstelle derselben oder doch in der Nähe derselben, an den Vasa deferentia, ein mehr oder minder bedeutend entwickelter Drüsenapparat, der an die Vorsteherdrüsen der Säugethiere erinnert. Das zähe Sekret dieser Drüsen, die gewöhnlich in der Form von einfachen oder zusammengesetzten paarigen Blindschläuchen auftreten, hat eine augenscheinliche Beziehung zu der

Fig. 341.





Fig. 342.

Männliche Geschlechtsorgane von Forficula auricularia **und** Anthribus latirostris.

a, a Hoden; *b* unpaarer Samengang; *c, c* Anhangsdrüsen.

Ueberführung des Sperma in die weiblichen Genitalien. In Gemeinschaft mit dem von den zelligen Drüsenwänden der Samenleiter gelieferten Sekrete vermehrt es die Masse des überzuführenden Fluidums. Dadurch wird nicht bloß die Entleerung des Samens aus den männlichen Geschlechtstheilen erleichtert, sondern auch die Scheide der weiblichen Thiere zum Theil verstopft, so daß die Spermatozoen dann leichter durch den Samengang in die Befruchtungstasche gelangen können. In der Scheide gerinnt das Sekret; es zieht sich zusammen und treibt dabei die im Innern etwa eingeschlossenen Samenkörperchen hervor. (Man vergleiche hiermit die oben angeführte Beobachtung bei Cavia!)

In sehr vielen anderen Insekten wird das Sekret dieser Drüsen mit dem der Samenleiter zur Bildung von förmlichen schlauchartigen Samenbehältern (Spermatophoren) verwendet, die

dann statt einer formlosen Masse bei der Begattung in die Scheide eingeschoben werden. Diese Samenballen bestehen aus einer gallertartigen Corticalschicht, die im Innern die von einer körnigen Umhüllungsschicht umgebenen, oft sehr zierlich und regelmäßig geordneten Samenkörperchen enthält. Sie haben eine ziemlich ansehnliche Größe, so daß man sie früher für die bei der Begattung abgerissenen und in den weiblichen Genitalien zurückgebliebenen Copulationsorgane der Männchen halten konnte. Ist nun ein solcher Samenballen durch den Ductus ejaculatorius in die Scheide entleert — was natürlich nicht so schnell geschehen kann, als die Ejaculation eines flüssigen Samens, und oftmals stundenlange Vereinigung der Geschlechter erfordert — so gerinnt die Corticalschicht und treibt ihren Inhalt aus dem einen abgestutzten und offenen Ende nach Außen. Die Bildung solcher Samenballen ist übrigens, wie es scheint, bei den Arthropoden noch weiter verbreitet, als die Anwesenheit jener accessorischen Drüsen. Wir finden sie auch bei vielen Krebsen. Das Material für diese Ballen wird dann offenbar von den Wandungen der Vasa deferentia geliefert, deren Sekret auch in den übrigen Fällen mit den Samenkörperchen nach Außen geschafft werden mag.

Die Cyclopsarten hängen solche Samenballen an die äußere Geschlechtsöffnung der Weibchen, wo dieselben verweilen, bis das nach Innen transsudirte Wasser durch Ausdehnung des Umhüllungsstoffes die Corticalschicht sprengt und die Samenkörperchen austreibt. (Auch die merkwürdigen taschenförmigen Körperanhänge einiger weiblichen Schmetterlinge (Parnassius), die im jungfräulichen Zustande fehlen, sind nichts Anderes, als solche Samenballen.) — Eine eigentliche Begattung fehlt bei diesen Thieren, obgleich das Weibchen von dem Männchen umfaßt wird. Aehnliches findet sich wahrscheinlich auch noch bei anderen Krebsen ohne wirkliche Copulationsorgane. In solchen Fällen kann höchstens durch Annäherung der Geschlechtsöffnungen das Sperma übergeführt werden. Doch auch dieses findet nicht beständig statt. So wird z. B. bei den hermaphroditischen Cirripedien das Sperma, wie es scheint, in der Nähe der weiblichen Oeffnungen ejaculirt (man berücksichtige dabei den langen ruthenförmigen Schwanz dieser Thiere, der zwischen den Beinen eingeschlagen getragen wird) und durch das Wasser den Eiern zugeführt. Auch bei den Wasserflöhen spritzt das Männchen den Samen unter die Schale des Weibchens.

Immer aber sind es nur einzelne, verhältnißmäßig wenige Arten, bei denen die Erscheinungen des geschlechtlichen Lebens so einfach sich darstellen. Ungleich häufiger ist dieses in einer andern Abtheilung der Wirbellosen, bei den **Würmern**. Bei diesen sehen wir zahlreiche Arten, ganze Gruppen sogar, in denen die geschlechtlichen Aeußerungen erschöpft sind, sobald die Generationselemente im Innern des Körpers ihre völlige Entwicklung erreicht haben. Ohne Weiteres werden dieselben dann nach Außen abgesetzt; in größerem oder geringerem Grade ist es dabei dem Zufall überlassen, ob eine Befruchtung erfolgt, oder nicht.

Es ist indessen natürlich, daß solche einfache Verhältnisse nicht für eine jede Organisation, eine jede Lebensweise passen. Es gibt bestimmte äußere Bedingungen, denen sie entsprechen, und diese sehen wir vornehmlich theils in einer gewissen Beweglichkeit des Körpers oder einem massenhaften Vorkommen, theils in dem Aufenthalte im Wasser.

Die freie Locomotion sichert die Möglichkeit einer geschlechtlichen Annäherung: die geschlechtsreifen Thiere können einander aufsuchen und neben einander Samenkörperchen und Eier entleeren. Es ist selbst wahrscheinlich, daß in manchen Fällen eine innige Berührung der Individuen stattfindet, daß männliche und weibliche dabei einander umschlingen. Wenigstens scheint hierfür die Beobachtung zu sprechen, daß in einigen solchen Würmern (Eunice nach Koch, Phyllodoce? nach Steenstrup), trotz der Abwesenheit aller äußeren Begattungsorgane die Entwicklung der Jungen im Innern des weiblichen Körpers vor sich geht.

Ich brauche wohl kaum näher auseinanderzusetzen, wie die durch solche Annäherung der verschiedenen Individuen erhöhte Wahrscheinlichkeit eines Contaktes zwischen Samenkörperchen und Eiern in anderen Fällen durch haufenweises Beisammenleben der Würmer, durch eine Vereinigung zu ganzen Colonien u. s. w. erzielt werden kann. In einigen solcher

Thiere (Tendra) stehen die Leibeshöhlen vom männlichen und weiblichen Thiere sogar durch besondere Communikationsröhren in unmittelbarer Verbindung, so daß die Samenkörperchen sehr leicht zu den Eiern hinüberschlüpfen können. Die Natur versteht es, durch die mannichfachsten Combinationen der äußeren Umstände zu demselben Zwecke zu gelangen. Eben so klar ist es, wie der Aufenthalt im Wasser für derartige Verhältnisse eine unerläßliche Bedingung ist. Das Wasser dient den Samenkörperchen als ein passendes Menstruum, ihre Bewegungen in gehöriger Weise zu entfalten, sich selbst in einem möglichst weiten Bezirke zu verbreiten. Das Wasser ist in solchen Fällen ein Mittel für die geschlechtlichen Zwecke, wie es so häufig (man vergleiche das Kap. von der Ernährung) durch die Zufuhr der Nahrungsmittel den Bedürfnissen der individuellen Erhaltung diente, gewissermaßen als Ersatz für den Mangel anderweitiger Ausrüstungen. Auf dem Lande wäre solche Einrichtung geradezu widersinnig. Samenkörperchen und Eier würden da verweilen müssen, wo sie entleert wären; die Wahrscheinlichkeit einer Berührung würde äußerst gering seyn. Es leben nun aber, wie wir wissen, keineswegs alle Würmer unter solchen Bedingungen. Es gibt viele Arten, die eine beschränkte, wenigstens eine langsame Bewegung haben oder die eine sehr geringe Größe besitzen (für die also selbst eine raschere Bewegung vergleichsweise nur eine beschränkte ist); Arten, die mehr im Feuchten, als im Wasser leben oder selbst als Parasiten im Innern anderer Thiere vorkommen. Für diese war eine andere Organisation der Geschlechtsorgane, eine andere geschlechtliche Beziehung nothwendig. Solche Thiere besitzen Begattungsorgane, durch welche eine unmittelbare Vermischung der Geschlechter, eine Ueberführung der Samenkörperchen in die weiblichen Organe ermöglicht ist. Noch mehr, solche Thiere sind häufig mit beiderlei Organen ausgestattet, Zwitter.

Der Hermaphroditismus, den wir schon einmal bei den Arthropoden, in der anomalen Gruppe der Cirripedien antrafen, kann eine zwiefache teleologische Begründung haben. Einmal kann er dadurch nothwendig werden, daß die einzelnen Individuen ein stationäres Leben führen, der Mittel zur gegenseitigen Annäherung durch Organisation oder Aufenthalt beraubt sind. Dann aber müssen die Genitalapparate eine solche Anordnung haben, daß beiderlei Zeugungselemente auf einander einwirken, daß die betreffenden Individuen sich selbst genugthun können. Solch ein Verhältniß war es, welches den Hermaphroditismus der Cirripedien in unsern Augen rechtfertigte. Aehnliche Bedingungen sind unstreitig auch in vielen Eingeweidewürmern für eine gleiche Anordnung der Genitalien maaßgebend. Außer diesen gibt es aber auch noch eine große Menge von Hermaphroditen, bei denen die Möglichkeit einer geschlechtlichen Annäherung wohl gegeben, aber durch Langsamkeit der Bewegung, geringe Größe, sparsames Vorkommen u. s. w. sehr erschwert ist. Hier würde nun freilich die gewöhnliche Vertheilung der Generationsorgane auf zweierlei Individuen wohl nothdürftig ausreichen, allein eine Ausrüstung mit zwitterhaften Organen ist jedenfalls weit zweckmäßiger — besonders wenn die betreffenden Thiere zu ihrer Erhaltung einer großen Fruchtbarkeit bedürfen — weil dadurch statt eines einzigen Thieres bei jeder Begattung deren zwei befruchtet werden können. Uebrigens mag auch hier in geeigneten Fällen eine Selbstbefruchtung vorkommen.

Wenn wir diese Umstände berücksichtigen, dann werden wir uns nicht wundern können, daß bei den Würmern nur in seltenen Fällen jene Verschiedenheiten in der Ausrüstung und Begabung der verschiedenen Geschlechter wiederkehren, die wir bei den Arthropoden und Wirbelthieren so häufig antrafen.

Wo wir aber derartige Verschiedenheiten antreffen, da haben sie ähnliche Beziehungen zu dem geschlechtlichen Leben, wie die früher erwähnten. In einigen Fällen sind die Männchen mit besseren Bewegungsorganen versehen, wie namentlich bei Exogone naidina, wo die Borstenbündel des Mittelleibes an den Männchen viel mehr entwickelt sind, als an den Weibchen. Auch in der Ausbildung der Sinneswerkzeuge, namentlich der Augen, scheinen mitunter ähnliche Verschiedenheiten obzuwalten.

Weit häufiger ist es, daß wir bei den männlichen Würmern, namentlich Eingeweidewürmern — man denke an den Aufenthalt derselben! — mit Begattungsorganen besondere Apparate zum Festhalten an den Weibchen antreffen. Solche Ausrüstungen sind gewöhnlich in der Nähe der Geschlechtsöffnung angebracht und erscheinen als Klappen (Strongylus), Warzen (Dispharagus) oder Saugnäpfe (Ascaris vesicularis). Auch der spiralig eingerollte Hinterleib vieler männlichen Nematoden mag in solcher Weise, zum Umfassen der weiblichen Individuen, dienen. Die ersterwähnten Klappen namentlich heften sich mitunter so fest auf die weibliche Geschlechtsöffnung, daß man sogar zwei in solcher Weise vereinigte Individuen als ein Doppelthier ansehen konnte. Als eine Auszeichnung des männlichen Geschlechtes, die den eigentlichen Genitalien nicht zugehört, können wir hier auch wohl die sog. Spicula der männlichen Nematoden anführen. Diese sind hornige Stäbe, meist von paariger Anordnung, die dem Ductus ejaculatorius eingefügt sind und nach außen häufig mehr oder minder hervorragen. Sie dienen theils als Haftorgane bei der Begattung, theils als Leitungsapparate für den Samen. Sind sie einfach, so wird dieser längs ihrer Außenseite hingleiten. Noch vollständiger geschieht diese Leitung, wo dieselben eine Rinne oder Röhre darstellen.

Gegenüber den männlichen Individuen besitzen die weiblichen Würmer sehr häufig eine beträchtlichere Körpergröße. Länge und Umfang sind ansehnlicher als bei den Männchen, namentlich bei den Eingeweidewürmern, wo dieser Unterschied oft sehr beträchtlich wird. Bei Distoma Okenii, einem Plattwurm mit getrenntem Geschlecht, beschränkt sich diese Verschiedenheit auf das hintere Körperende, das die Genitalien enthält und in dem Weibchen eine nierenförmige Gestalt hat, die von dem fadenförmigen Vorderleibe sich auffallend unterscheidet. Die Nothwendigkeit dieser Größenentwicklung des weiblichen Körpers leuchtet ein, sobald wir nur die immense Fruchtbarkeit der Würmer, namentlich auch die Eingeweidewürmer (ein einziger Spulwurm soll viele Millionen Eier enthalten) berücksichtigen. Physiologisch haben wir diese Fruchtbarkeit wohl damit in Zusammenhang zu bringen, daß die Würmer zu ihrer Bewegung und individuellen Erhaltung keines großen Kraftaufwandes bedürfen, desto mehr also auf ihre Vermehrung verwenden können. Namentlich gilt dieses von den Eingeweidewürmern, bei denen die Fruchtbarkeit, wie erwähnt, auch verhältnißmäßig am beträchtlichsten ist und seyn mußte, wenn nur von einigen wenigen Individuen alle die Schwierigkeiten überwunden werden sollten, die sich der Ueberführung dieser Geschöpfe in das Innere ihrer Wirthe durch anderweitige Natureinrichtungen entgegenstellen.

Es mag an dieser Stelle auch noch einer andern Einrichtung Erwähnung geschehen, die wir freilich nicht als eine Geschlechtseigenthümlichkeit betrachten können, weil sie bei Zwitterwürmern vorkommt, die aber doch, gleich anderen ähnlichen, eine deutliche Beziehung zu dem weiblichen Geschlechtsleben offenbart.

In der Umgegend der Genitalöffnungen, namentlich der weiblichen, findet sich nämlich häufig (bei Hirudineen und Lumbricinen) ein ansehnlicher Drüsenapparat, der zur Zeit der Brunst die höchste Entwicklung erreicht und ein Sekret absondert, welches zur Verfertigung eines förmlichen Cocon zum Schutze der Eier bestimmt ist. Bei vielen Regenwürmern bildet dieser Drüsenapparat einen sog. Gürtel oder Sattel, an welchem überdieß zum Zwecke der Begattung noch öfters besondere saugnapfartige Haftapparte angebracht sind, deren Action durch wulstförmige Hervorragungen, die denselben entsprechen, erhöht wird.

In der Regel werden diese Cocons mit den im Innern (meist in mehrfacher Anzahl) eingeschlossenen Eiern nach Außen abgesetzt, öfters auch an fremden Gegenständen, Pflanzen, befestigt. Clepsine trägt dieselben unter dem Bauche befestigt mit sich umher. Deßhalb haben diese Cocons hier auch nur eine sehr weiche Hülle, während sie in anderen Fällen sehr fest erscheinen und namentlich bei dem gewöhnlichen Blutegel noch mit einer äußern spongiösen Masse überzogen sind, die aus dem Munde ausgespieen werden soll. Das Herumtragen der Eier bei Clepsine ist übrigens keine isolirte Erscheinung unter den Würmern. Dasselbe findet sich auch bei einigen weiblichen Kiemenwürmern, wo die Eier gleichfalls, wie es scheint,

durch einen dünnen Ueberzug, das Sekret von Hautdrüsen, befestigt werden. Bei Aphrodite geschieht dieses unter den großen flügelartigen Rückenschuppen, bei Exogone und Cystonereis an der Bauchfläche, bei Triarthra und Polyarthra neben der Kloaköffnung. Viele Tubicolen, auch Bryozoen, befestigen ihre Eier am Vorderrande des Gehäuses, während andere sie in der Tiefe desselben zu verbergen pflegen.

Was nun die Entwicklung der Geschlechtsorgane selbst betrifft, so finden wir die Kiemenwürmer, Bryozoen, Nemertinen, Nematoden und Akanthocephalen getrennten Geschlechtes, die Lumbricinen, Hirudineen, Turbellarien, Trematoden und Cestoden (vielleicht auch die Rotiferen?) als Zwitter.

Wir wollen es nicht versuchen, den Hermaphroditismus dieser Thiere in seinem Zusammenhang mit den jedesmaligen Lebenserscheinungen hier specieller nachzuweisen. Was wir darüber im Allgemeinen oben gesagt haben, mag uns genügen. Erwähnen aber müssen wir es, daß der Hermaphroditismus auch für die namhaft gemachten Gruppen kein durchgreifendes Gesetz ist. So ist z. B. unter den Lumbricinen Nais bipunctata und Lumbriconais, unter den Turbellarien Dinophilus vorticoides, unter den Trematoden das schon oben genannte Distomum Okenii getrennten Geschlechtes. Es leidet wohl keinen Zweifel, daß solche Ausnahmen beständig in besonderen Lebensverhältnissen ihre Motivirung finden. So lebt z. B. von dem letztern Wurme beständig ein Pärchen verschiedenen Geschlechtes in derselben Kapsel eingeschlossen.

Man unterschied früher auch noch sog. geschlechtslose Würmer, und rechnete dazu namentlich die Blasenwürmer. Wir wissen aber jetzt, daß es keine solche Geschöpfe gibt, daß diese Blasenwürmer nicht selbstständige Arten, sondern bloße unausgebildete und verkümmerte Individuen anderer Würmer (Bandwürmer) sind, die unter günstigen äußeren Bedingungen vollständige Entwicklung und Geschlechtsreife erlangen. Wir kommen späterhin noch einmal auf diese Verhältnisse zurück.

Betrachten wir nun von den Würmern zunächst die mit getrennten Geschlechtern ausgestatteten Gruppen. In der Entwicklung der Genitalien sehen wir hier mancherlei auffallende Verschiedenheiten, bald einen sehr einfachen, bald auch sehr zusammengesetzten Bau, je nachdem derselbe mehr oder minder complicirte Aufgaben zu erfüllen hat. Sehr einfach ist der Bau der Genitalien da, wo die Geschlechtscontenta nach ihrer Bildung ohne Weiteres entleert werden, wo keine Begattung stattfindet, bei den Kiemenwürmern, Bryozoen und Nemertinen. In den beiden ersteren Gruppen fehlen sogar alle eigentlichen Genitalien. Eier und Samenkörperchen bilden sich dann ganz frei in der Leibeshöhle, von wo sie durch besondere kleine Oeffnungen, dieselben, die zum Eintritt und Austritt des Wassers in die Leibeshöhle dienen, heraustreten. Bei den Kiemenwürmern liegen diese Oeffnungen an der Basis der Borstenfüße, doch scheint es auch, daß einzelne Arten regelmäßig zur Zeit der Geschlechtsreife ihr Hinterleibsende abschnüren und die Eier aus der Wundöffnung entfernen. Die Bildung der Geschlechtscontenta in der Leibeshöhle, ohne Vermittlung eines besondern Organes, scheint sehr auffallend, ist aber doch im Grunde genommen kaum wunderbarer, als die Bildung derselben in eigenen Drüsen. Das Blastem, das sonst zu diesem Zwecke in den letztern abgelagert wird, ergießt sich hier nur frei in die genannte Höhle. Vielleicht kann man es hiermit in Zusammenhang bringen, daß bei vielen Kiemenwürmern in die Leibeshöhle zahlreiche blindgeendigte Gefäßchen, wie Zotten, hineinragen. Jedenfalls ist es ersichtlich, wie solche Anordnung auf die Statik der etwaigen Absonderung durch diese Apparate von wesentlichem Einfluß seyn wird.

Bei den Nemertinen sehen wir Geschlechtsdrüsen von sehr einfacher Art. Sie liegen hier als paarige birnförmige Säcke, die in regelmäßigen Entfernungen auf einander folgen, in den Seitentheilen des Körpers. Männliche und weibliche Theile sind ganz conform gebaut und unterscheiden sich nur durch die Beschaffenheit ihres Inhaltes. Ob dieser durch besondere kleine Oeffnungen nach Außen tritt, ist noch nicht ausgemacht. Gewiß aber ist es, daß man

sehr häufig die Leibeshöhle der Nemertinen mit Spermatozoen und Eiern angefüllt sieht, die nur durch Dehiscenz der Geschlechtsdrüsen dahin gelangt seyn können.

Bei den Rotatorien kennt man bis jetzt erst die weiblichen Organe, die einen einfachen und doppelten Schlauch mit Keimbläschen und Dotterelementen darstellen, dessen Stiel neben der Kloake nach Außen führt. In einigen lebendig gebärenden Arten (Fig. 23) fehlt dieser Ausführungsgang. Die Eier fallen dann, von dem Eierstock sich abschnürend, in die Leibeshöhle, wo sie sich weiter entwickeln (Philodina).

Die Generationsorgane der Nematoden bestehen aus einer langen, einfachen (bei den Männchen) oder theilweis doppelten (bei den Weibchen) Röhre, die den Darmkanal umspinnt. Das hintere dünne und blinde Ende fungirt als Keimdrüse, während die übrigen Partien theils zum Fortleiten, theils zum Aufbewahren der Geschlechtsstoffe dienen. Zu letzterem Zwecke ist die Genitalröhre schlauchförmig erweitert, namentlich bei den weiblichen Thieren, wo der betreffende Abschnitt den Namen eines Uterus erhalten hat und auch wirklich in Form und Formverschiedenheiten an den Uterus der Säugethiere erinnert. Die Aehnlichkeit wird um so größer, als derselbe Abschnitt in einigen Arten die Eier bis zur völligen Entwicklung der Jungen einschließt. Wo dieses nicht geschieht, geht hier wenigstens die Befruchtung vor sich. Man sieht die Samenkörperchen nach der Begattung gewöhnlich im Grunde des Uterus massenweise angehäuft. Diese Samenkörperchen sind von eigenthümlicher Gestalt, nicht haarförmig, wie in den meisten Würmern, sondern birnförmig, mit großem, kugligem Kopfe und kurzem, plumpem Stiele, der, wie die Entwicklung lehrt, aus dem Kerne einer Samenzelle seinen Ursprung nimmt, während diese selbst zum Kopfe wird. Bewegungen sind an diesen Samenkörperchen ebenso wenig, wie an den übrigen nicht haarartigen Formen (der Juliden u. s. w.) wahrzunehmen. Wenn die Eier dieser Thiere nach der Befruchtung nach Außen abgesetzt werden, besitzen sie in der Regel eine doppelte Umhüllung. Die innere ist die eigentliche Eihaut, die schon im untern Theile des Eierstockes am Dotter und Keimbläschen sich bildet. Die äußere accessorische Hülle dient offenbar als Schutzorgan und erscheint um so wichtiger, als ja die Eier dieser Thiere, wie überhaupt der Eingeweidewürmer, sehr häufig den ungünstigsten äußeren Verhältnissen ausgesetzt sind. Ihre Bildung geht schon bei dem Durchtritt durch den Eileiter vor sich, erreicht ihre Vollendung aber erst, wie es scheint, im Uterus. Daß dieselbe einem Sekrete der Leitungsapparate den Ursprung verdankt, kann wohl kaum bezweifelt werden. Als Begattungsorgan funktionirt das äußerste Ende der Geschlechtsröhre, das beständig einfach ist und durch eine muskulösere Beschaffenheit sich auszeichnet. Bei den Weibchen stellt es eine Scheide dar, bei den Männchen einen Ductus ejaculatorius, in der die oben erwähnten Spicula eingefügt sind. Die männliche Geschlechtsöffnung ist beständig am Hinterleibsende oder nur wenig davon entfernt, vor dem After gelegen. Die Vulva rückt sehr häufig von da um ein Beträchtliches nach vorn. Wir kennen Arten, wo sie die Nähe des Mundes einhält (Filaria), andere, wo sie im vorderen Drittheile des Körpers liegt, jedoch stets an der Bauchfläche.

Eine andere, durch mehrfache Verhältnisse sehr auffallende Form der Generationswerkzeuge sehen wir bei den Akanthocephalen. Die äußeren Geschlechtsöffnungen, die beständig das Hinterleibsende einnehmen, führen hier freilich gleichfalls in eine kurze muskulöse Röhre, Ductus ejaculatorius, oder Scheide, doch damit ist auch fast alle Analogie erschöpft.

In den Männchen setzt sich dieselbe in zwei dünneren Vasa deferentia fort, die nach dem Kopfende emporsteigen und mit zweien länglichen oder ovalen Hoden zusammenhängen. Durch ein besonderes Ligamentum suspensorium, das von der Rüsselscheide herabsteigt, werden die Hoden in der geräumigen Leibeshöhle befestigt.

Die weiblichen Akanthocephalen besitzen als Fortsetzung der Scheide einen einfachen muskulösen Eileiter, der mit den Eierstöcken aber nicht zusammenhängt, sondern, wie bei den höheren Wirbelthieren, mit freier Oeffnung endigt. Ein glockenförmiger Apparat umgibt diese Oeffnung. Die Eierstöcke bestehen in einer Anzahl ovaler und plattgedrückter

Körper, die ursprünglich, gleich den Hoden, an einem Ligamentum suspensorium befestigt sind, später aber frei in der Leibeshöhle angetroffen werden. Die reifen Eier lösen sich von diesen Ovarien ab und sind im ausgebildeten Zustande gleichfalls frei. Durch die Contractionen des Hautmuskelschlauches werden sie in der Leibeshöhle auf- und abgetrieben. Berühren sie dabei das glockenförmige Ende des Eileiters, so werden sie erfaßt und durch eine Art Schluckbewegung in denselben hineingetrieben. Die losen Ovarien sind durch ihre Größe vor solchem Schicksale bewahrt. Zum Zwecke der Begattung wird der Ductus ejaculatorius der Männchen nach Außen hervorgestülpt. Er bildet dann einen napfförmigen Anhang, in den sich das Hinterleibsende des Weibchens hineinsenkt. Um diese Vereinigung noch fester zu machen, findet sich bei den Männchen noch ein besonderer sehr ansehnlicher Drüsenapparat, der mit dem Ductus ejaculatorius ausmündet und ein wachsartiges Sekret zum Ankitten des Weibchens liefert.

Es ist gelegentlich schon einmal angeführt worden, daß männliche und weibliche Theile nach ihrer ursprünglichen Anlage bei denselben Thieren übereinstimmen. Die späteren Verschiedenheiten, die in den verschiedenen geschlechtlichen Leistungen bei Mann und Weib ihre teleologische Erklärung finden und um so mehr hervortreten, je mehr diese Leistungen auseinandergehen, sind beständig das Produkt der weiteren Entwicklung. Daß auch bei den ausgebildeten Thieren diese ursprüngliche Uebereinstimmung der männlichen und weiblichen Organe beständig in einem höheren oder geringeren Grade sich erhalte, wird wohl aus unsrer bisherigen Darstellung ersichtlich gewesen seyn. — Für die zwitterhafte Entwicklung der Genitalien sind diese Verhältnisse von großer Wichtigkeit. Sie involviren die morphologische Möglichkeit des Hermaphroditismus.

Schon mit den gewöhnlichen Mitteln, bei einfacher symmetrischer Anlage, wird hiernach eine Zwitterbildung erzielt werden können, sobald nur die beiden seitlichen Hälften des Apparates in verschiedener Weise sich entwickeln, auf der einen Seite zu männlichen, auf der andern zu weiblichen Organen. Bei den Zwitterwürmern ist solche Morphogenese aber nicht eingetreten. Die seitliche Symmetrie des Körpers, die meistens sehr vollkommen ausgeprägt ist, würde dieselbe wohl kaum zugelassen haben. In anderer Weise ist hier die Zwitterbildung vermittelt worden. Die Genitalien sind verdoppelt und als zwei vollständige seitlich symmetrische Apparate hinter einander gelegen, dergestalt aber entwickelt, daß der vordere di männliche Bildung, der hintere die weibliche Bildung angenommen hat. In morphologischer Beziehung erinnert diese Anordnung sehr auffallend an die bei den Arthropoden vorkommende Heteronomität der Segmentanhänge u. s. w.

Sehen wir nach diesen allgemeinen Bemerkungen auf die Anordnung der Geschlechtsorgane bei den Zwitterwürmern, so werden wir finden, daß dieselben in mehrfacher Beziehung bei den einzelnen Gruppen Verschiedenheiten und Analogieen darbieten. Wir werden sie in unserer Betrachtung zusammenfassen können, nachdem wir erwähnt haben, daß bei den Lumbricinen die seitlichen Hälften eines jeden Apparates getrennt bleiben, bei den übrigen Gruppen dagegen in der Mittellinie des Bruches zusammenstoßen und mehr oder minder weit verschmolzen sind — ähnlich, wie wir es früher für die Crustaceen und die Insekten auseinandergesetzt haben. Die Gliederung der männlichen und weiblichen Organe ist wie gewöhnlich. Keimdrüsen und Leitungsapparate bilden die hauptsächlichen Theile, die auch hier nicht fehlen, für besondere Leistungen (längeres Verweilen der Zeugungsstoffe, Bildung schützender Hüllen um die Eier u. s. w.) aber in verschiedener Weise entwickelt sind. Die Berührung der Keimstoffe zum Zweck der Befruchtung verlangt außerdem noch besondere Einrichtungen, Begattungsorgane u. s. w. Die Ovarien sind zwei mehr oder minder große Drüsen, bald einfache Beutel oder Schläuche (Hirudineen), bald aus Blinddärmchen zusammengesetzt (bei vielen Lumbricinen), bald endlich durch den ganzen Körper verzweigt (Trematoden, Turbellarien, Cestoden). Bei den letzteren Thieren sind diese Drüsen aber allein für die Bildung der Eier nicht ausreichend; sie liefern nur die Dotterelemente, die

bei dem Mangel der Keimbläschen sich noch nicht zu eigentlichen Eiern zusammengruppiren. Die Keimbläschen entstehen dann in einem besondern Organe, das man, im Gegensatz zu dem eierstockähnlichen Dotterstock, mit dem Namen des Keimstockes bezeichnet hat. Am deutlichsten hat man diesen Keimstock bei den Trematoden beobachtet. Hier bildet derselbe einen unpaaren rundlichen oder birnförmigen Körper, der durch blasse Färbung und Beschaffenheit des Inhaltes leicht in die Augen fällt. Eine solche Trennung des Ovariums in zwei Drüsen mit verschiedenen Aufgaben hat allerdings etwas sehr Auffallendes, läßt sich aber doch wohl mit dem, was wir von der Funktion der Eierstöcke wissen, einigermaßen vereinbaren.

So weit unsere Beobachtungen reichen, bilden sich die Eier der Thiere auf zwiefache Weise. Entweder nach dem gewöhnlichen Gesetze der Zellenbildung, wonach wir die äußere Haut als Zellenmembran, das Keimbläschen als Kern zu betrachten haben und der Dotter als Zelleninhalt entsteht, oder durch einen complicirteren Vorgang, indem die Dotterelemente um ein Keimbläschen sich gruppiren und erst späterhin von einer Hülle umschlossen werden. Bei diesem letzteren Vorgang sind die Bildungsstätten von Keimbläschen und Dotterelementen in der Regel verschieden. So bei den Insekten, wo die ersteren allein in der Spitze der Eiröhren entstehen, die anderen aber von den Drüsenwänden in ganzer Länge geliefert werden. Die Gründe und Ursachen solcher Erscheinung sind uns unbekannt, allein ersichtlich ist es, daß zwischen ihr und dem oben erwähnten Vorgange bei den Trematoden nur ein gradueller Unterschied stattfindet. Die Bildungsstätten jener Elemente sind hier in zwei räumlich getrennte Organe verlegt worden. — Die Eileiter der Zwitterwürmer stehen überall mit den Ovarien oder Dotterstöcken in continuirlichem Zusammenhang. In ihrem ferneren Verlaufe bleiben dieselben nur selten (Lumbricinen) isolirt. Gewöhnlich verschmelzen sie, wie wir schon erwähnten, ziemlich bald zu einem unpaaren Gange. Wo ein besonderer Keimstock vorkommt, da inserirt sich dieser erst nach der Verschmelzung. Die vollständige Bildung der Eier kann daher auch erst in dem unpaaren Ovidukte stattfinden. Vor der Ausmündung erweitert sich dieser unpaare Gang zu einer ansehnlichen Röhre (dem sog. Uterus), die sich häufig (Trematoden, Bothriocephalen) durch ihre Länge auszeichnet und dann zu einem Knäuel zusammenwindet. In anderen Fällen ist dieselbe kürzer und gestreckt, und selbst mitunter (Taenia) mit seitlichen verzweigten Ausstülpungen versehen. Es gibt übrigens auch Würmer mit zweihörnigem und doppeltem Uterus (Clepsine, Leptoplana u. a.), je nach der Vereinigung der beiden Eiröhren. Das äußerste Ende der Eiergänge ist (mit Ausnahme der Lumbricinen) beständig einfach, auch bei Anwesenheit eines doppelten Uterus. Es bildet die Scheide zur Aufnahme des männlichen Gliedes bei der Begattung. Die Lumbricinen besitzen ein ähnliches Gebilde, das sogar eine seitliche blindsackige Ausstülpung zeigt. Nach der Begattung findet man in dieser die Spermatozoen, zu einem spindelförmigen Körper vereinigt. Sie ist also eine Samentasche, ein Befruchtungsapparat, wie er so häufig bei den Arthropoden vorkommt. Auch andere Würmer besitzen ein solches Gebilde, namentlich die Turbellarien, bei denen es als eine gestielte Blase mit dem Ende der Scheide im Zusammenhang steht. Wo dieser Befruchtungsapparat fehlt, gelangen die Spermatozoen nach der Begattung in den Uterus, in welchem die Eier gewöhnlich eine längere Zeit verweilen, mitunter bis zum Ausschlüpfen der Jungen. In anderen Fällen werden sie noch von einer besondern schützenden Hülle umgeben.

Fig. 343.



Zwitterhafter Geschlechtsapparat eines Trematoden.

a, a Eileiter; *b* Keimstock; *c* Uterus; *d, d* vasa deferentia; *e* einfacher Samengang; *f* porus genitalis; *g* Samengang zur Verbindung des weiblichen und männlichen Apparates.

Bei vielen Eingeweidewürmern (und nicht bloß in hermaphroditischen Arten) ist diese Eihülle an dem einen Pole oder an beiden in einen besondern Anhang ausgezogen, der eine verschiedene (buckelförmige, fadenförmige, spiralige, quastenartige u. s. w.) Gestalt hat. Offenbar kommt dieses Gebilde den Eiern nach ihrer Entfernung aus dem mütterlichen Körper sehr zu Statten. Es dient zum Festhängen, wohl oft auch an denjenigen Thieren, die den späteren Würmern zum Aufenthaltsorte angewiesen sind.

Die männlichen Genitalien der Zwitterwürmer sind fast durchweg einfacher gebaut, als die weiblichen, in ihrer allgemeinsten Anlage damit aber sehr übereinstimmend. Die Hoden erscheinen gewöhnlich als paarige Säcke oder Schläuche, bei den lang gestreckten Lumbricinen und Hirudineen in mehrfacher Anzahl hinter einander. Nach außen gehen dieselben in die Vasa deferentia über, wie die Ovarien in die Eileiter. Nur bleiben die ersteren gewöhnlich eine längere Strecke getrennt. Um eine hinreichende Menge von Sperma aufbewahren zu können, sind sie bisweilen mit blasenartigen Erweiterungen oder Anhängen versehen, auch sehr häufig an irgend einer Stelle, dicht vor ihrer Ausmündung (Trematoden, Cestoden) oder auch schon früher (Hirudineen) zu einem Knäuel zusammengewunden. Es ist indessen sehr wahrscheinlich, daß an diesen Stellen dem Sperma auch noch besondere Flüssigkeiten zur Verdünnung beigemischt werden. Mit Ausnahme der Lumbricinen mündet der Samenleiter fast überall durch einen besondern cylindrischen oder conischen Penis (cirrus), der der äußern Oeffnung aufsitzt und als Begattungsorgan dient. Nur im erigirten Zustande ragt aber derselbe nach außen hervor, da er in einer besondern Höhle versteckt ist. Wenn männliche und weibliche Oeffnungen einander sehr nahe liegen (bei Cestoden und Trematoden), nimmt dieselbe Höhle auch noch die letztere auf. In diesen Fällen ist eine Selbstbegattung nicht bloß möglich, sondern auch schon beobachtet. Bei den Trematoden ist übrigens auch noch auf andere Weise für Selbstbefruchtung gesorgt worden. Bei ihnen findet sich nämlich eine direkte Verbindung zwischen beiderlei Geschlechtsorganen, indem ein besonderer Communikationsgang (Fig. 343. g) zwischen dem einen Hoden und dem obern Ende des gemeinschaftlichen Eierganges entwickelt ist. Ohne alle äußere Thätigkeiten, vielleicht unwillkürlich und unwissentlich, tritt durch solche Vorrichtung das Sperma in die weiblichen Apparate, die Eier zu befruchten. Was in anderen Thieren durch eine ganze Reihe ineinandergreifender Handlungen vermittelt ist, was oft die auffallendsten Begabungen und Organisationsverhältnisse verlangt, ist hier durch die einfachsten Mittel erzielt worden. Wenn wir in dieser Veranstaltung bei den Trematoden eine Vorsichtsmaßregel sehen, die in der Lebensweise derselben wohl hinreichend begründet ist, so wird es uns vielleicht auffallen, daß wir dieselbe trotz der Aehnlichkeit der äußeren Verhältnisse bei den Cestoden vermissen. Wenn wir aber bedenken, daß hier die einzelnen Glieder (die ja eben so viele Thiere vorstellen) je mit besonderen Generationsorganen versehen sind, also wohl auch beständig Gelegenheit zu einer Begattung da ist, so werden wir solches ganz natürlich finden müssen.

Fig. 344.



Zwittergenitalien des Blutegels.
a, *a* Hodenbläschen; *b*, *b* Vasa deferentia; *c* Penis; *d* Eierstöcke; *e* Eileiter; *f* Scheide.

Männliche und weibliche Genitalöffnungen der Zwitterwürmer liegen ziemlich dicht hinter einander an der Bauchfläche, und zwar meistens an der hintern Grenze des vordern Körperdritttheiles, mitunter auch, namentlich bei den Turbellarien, ziemlich weit nach hinten. Nur

die Taenien machen hiervon eine Ausnahme, indem der Porus genitalis bei ihnen an dem einen scharfen Rande des Körpers gelegen ist und mitunter sogar abwechselnd bei den Gliedern derselben Colonie an dem rechten oder linken.

Mollusken. Wenn die Zahl und Manchfaltigkeit der Geschlechtsverschiedenheiten schon bei den Würmern sehr viel geringer war, als in den höheren Abtheilungen des Thierreiches, so gilt dieses in noch viel größerem Maaße von den Mollusken. Allerdings stimmen männliche und weibliche Individuen derselben in ihren geschlechtlichen Lebensäußerungen nicht beständig mit einander überein, allein die etwa vorkommenden Eigenthümlichkeiten verlangen in der Regel weder auffallende besondere Begabungen, noch große Organisationsverschiedenheiten. Wir wollen es übrigens nicht verkennen, daß solche doch wohl in größerer Menge nothwendig seyn würden, wenn die Natur nicht durch anderweitige Anordnungen und Verhältnisse denselben zuvorgekommen wäre. Sehr viele Mollusken sind mit hermaphroditischen Geschlechtsorganen versehen, die bei der aufgehobenen oder doch beschränkten Locomotion dieser Thiere am zweckmäßigsten erscheinen mußten, wenn die männlichen Individuen nicht etwa in sehr abweichender Weise gebaut werden sollten; andere leben in großen Mengen neben einander, so daß die männlichen und weiblichen Zeugungselemente, auch wenn sie ohne weitere Vorkehrungen entleert werden, dennoch sehr wahrscheinlicher Weise sich irgendwo berühren u. s. w.

Wenn wir den Hermaphroditismus bei sehr vielen niederen Thieren eben als eine Veranstaltung bezeichnet haben, durch welche die Nothwendigkeit einer auffallenden Formverschiedenheit zwischen beiden Geschlechtern umgangen worden, so findet das seine volle Bestätigung in einer sehr interessanten Entdeckung der neuesten Zeit, wonach bei manchen zweigeschlechtlichen Mollusken wirklich ein sehr auffallender geschlechtlicher Dimorphismus vorkommt. Bei manchen Cephalopoden, so hat man nämlich gefunden, besitzen die Männchen einen sehr abweichenden Bau. Sie sind weit kleiner als die Weibchen und gleichen den Armen dieser Thiere auf den ersten Blick so vollkommen, daß man sie lange Zeit für einen abgerissenen Cephalopodenarm halten konnte, während Andere auf Grund der zwischen beiden obwaltenden Verschiedenheiten in ihnen eine besondere Wurmform (Hectocotylus) sehen wollten. Diese merkwürdigen Geschöpfe, die, ohne anderweitige Apparate, natürlich nur eine sehr beschränkte Locomotion besitzen, leben als Parasiten in der Kiemenhöhle oder auf dem Körper der Weibchen, wo sie sich mittelst ihrer Saugnäpfe befestigen, auch sonst wohl alle Bedingungen ihrer Existenz vorfinden werden. Einen besondern Darmapparat hat man bei ihnen noch nicht entdecken können, wohl aber Herz und Kiemen, welche letztere unter der Form von äußeren lanzettförmigen Anhängen erscheinen. Sinnesorgane fehlen; eben so der Kopfknorpel; selbst das Nervensystem scheint in sehr abweichender Weise gebildet. Die Haupteingeweide des Leibes bestehen in dem männlichen Genitalapparate, so daß der ganze Körper kaum etwas Anderes scheint, als ein lebendiger Hoden, keine andere Aufgabe hat, als die der Begattung. Durch den Parasitismus dieser männlichen Thiere (den wir auch schon, wenn gleich minder ausgebildet, bei den Bopyriden und Lernäaden angetroffen haben, den wir selbst da angedeutet sehen, wo die männlichen Individuen während der Begattung fast willenlos von den Weibchen herumgeschleppt werden, wie bei vielen anderen Arthropoden) ist hier auf eine andere und natürlich weit vollkommenere Weise dasselbe erreicht, welches wir sonst durch eine bessere locomotorische Begabung erzielt sehen: die Möglichkeit einer leichten geschlechtlichen Annäherung. Es ist allerdings sehr auffallend, daß solche wunderbare Verhältnisse gerade bei den Cephalopoden wiederkehren, die doch vor den meisten übrigen Mollusken durch die Schnelligkeit ihrer Bewegungen sich auszeichnen; auffallend, daß sie keineswegs

Fig. 345.



Hectocotylus tremoctopodis.

auf alle Thiere dieser Gruppe sich erstrecken, sondern nur auf einige wenige (Argonauta Argo, Tremoctopus violaceus, Octopus granulatus), allein diese Umstände lassen uns nur vermuthen, daß in den übrigen zweigeschlechtlichen Arten die Gleichheit der Entwicklung bei Männchen und Weibchen durch anderweitige Mittel und Veranstaltungen ermöglicht sey. Als eines derselben haben wir schon oben das massenhafte Vorkommen und Nebeneinanderwohnen bezeichnet, wie wir es z. B. in den Austerbänken u. s. w. antreffen. Jener Dimorphismus ist übrigens beinahe der einzige Fall von geschlechtlichen Verschiedenheiten bei den Mollusken. Wir können außer ihm nur noch hier anführen, daß bei einigen flachgewölbten Bivalven, namentlich unseren einheimischen Anodonten, die weiblichen Individuen durch eine stärkere Schalenwölbung vor den männlichen sich auszeichnen. Die Zweckmäßigkeit dieser Anordnung ergibt sich daraus, daß diese Thiere die befruchteten Eier bis zum Ausschlüpfen des Embryo im Innern ihrer äußern Kiemenlappen aufbewahren. Sonst werden die Eier gewöhnlich nach außen abgesetzt und als Laich, in zusammenhängenden Massen von verschiedener Form deponirt. Nur die Landschnecken legen einzelne Eier mit einer festen, lederartigen Schale, für welche sie besondere Löcher graben. Die Wasserschnecken befestigen ihre Eier gewöhnlich auf Steinen, Pflanzen u. dgl., mitunter auch an dem Gehäuse, wie z. B. Argonauta oder am Hinterende des Fußes (Janthina). In anderen Fällen bleiben die Eier in den Leitungsapparaten der weiblichen Genitalien (Paludina vivipara, Salpa) oder in der Kloakhöhle (Ascidia), oder gelangen in die Maschen der Kiemenblätter (Unio u. a.), wo die Jungen dann ausschlüpfen.

Eine Vertheilung der männlichen und weiblichen Geschlechtsorgane auf verschiedene Individuen finden wir unter den Mollusken bei den Cephalopoden, einer großen Anzahl von Gasteropoden (Ctenobranchiaten, Heteropoden, Cyclobranchiaten u. n. a.) und den Acephalen (mit sehr wenigen Ausnahmen).

Trotz aller Verschiedenheit des Baues können wir die Anordnung dieser Theile in einer gemeinsamen Betrachtung zusammenfassen. Jene Verschiedenheiten finden ihre Erklärung theils in dem geschlechtlichen Verhalten, theils in dem Gesammtbau der betreffenden Thiere. In ersterer Beziehung müssen wir namentlich berücksichtigen, ob zum Zweck der Befruchtung eine Begattung stattfindet, ob die Eier auf ihrem Wege nach Außen von schützenden und ernährenden Hüllen bekleidet werden. Was das andere Moment betrifft, so ist es von Wichtigkeit, ob die seitliche Symmetrie des Körpers gestört ist, und in welchem Grade. Wenn dieses nicht geschehen, wie bei den Acephalen, dann zeigen auch die Genitalien eine vollständige symmetrische Entwicklung. Im andern Falle erstreckt sich die Asymmetrie auch auf die Geschlechtsorgane. Dann sind entweder bloß die Keimleiter doppelt, die Geschlechtsdrüsen aber einfach (bei Chiton, den weiblichen Octopoden), oder der ganze Apparat ist einfach und asymmetrisch (in den bei Weitem meisten Fällen). Die Keimdrüsen, die in beiden Geschlechtern nach Form und Anordnung fast völlig übereinstimmen, bestehen in der Regel aus zahlreichen verästelten Blinddärmchen, die bald zu einer mehr compacten Masse vereinigt sind, bald auch durch einen größern Theil der Leibeshöhle sich verbreiten. So namentlich bei den Acephalen, wo sie mitunter sogar, wenn bei geringer Entwicklung des Fußes auch der Leib an Größe zurückgetreten ist, bis in die beiden Mantellappen sich hinein erstrecken (Mytilus u. a.).

Eine andere abweichende Form besitzen die Keimdrüsen der Cephalopoden und Cyclobranchiaten. Diese erscheinen als hohle Säcke, in deren inneren Hohlraum bald ein Büschel von Blinddärmchen, bald eine Anzahl von Querleisten hineinragt. Die letzteren sind die Bildungsstätten der Eier und Samenfäden, die aber nach vollständiger Entwicklung von ihrem Mutterboden sich trennen und in die Eierstockshöhle hineinfallen.

Die Ausführungsgänge stehen überall in continuirlichem Zusammenhang mit den Geschlechtsdrüsen. Bei den Acephalen und Cyclobranchiaten sind dieselben sehr kurz und ganz

einfach, länger und von zusammengesetzter Bildung bei den übrigen Mollusken mit getrennten Geschlechtern.

An den Eileitern der letzteren unterscheidet man ganz allgemein eine größere und kleinere, mit starken Drüsenwandungen versehene und schon äußerlich durch eine Anschwellung markirte Stelle. Bei den Cephalopoden ist dieselbe von geringem Umfang und bald in der Mitte des Verlaufes (Octopoda), bald am Ende (Loliginea) gelegen. In den Kammkiemern ist die ganze äußere Hälfte des Oviductes drüsig erweitert und zu einem gestreckten walzenförmigen Abschnitt geworden, dem sogenannten Uterus, der durch eine muskulöse Scheide nach außen führt. Die Aufgabe dieses Abschnittes ist wohl weniger, die Eier für eine längere Zeit aufzunehmen (es geschieht dieses nur bei Paludina vivipara, wo die Drüsen des Uterus besonders am Anfang entwickelt sind und eine vorspringende Masse von zungenförmiger Gestalt bilden), als vielmehr eine eiweißartige Substanz abzusondern, die die Eier überzieht und theils zum Schutze, theils auch den jungen Embryonen zur Nahrung dient. Dieser Ueberzug von Eiweiß ist übrigens nicht die einzige Hülle der gelegten Eier. Zu mehreren sind dieselben gewöhnlich unter sich vereinigt und auch wohl nochmals in besondere feste Kapseln eingeschlossen, die entweder einzeln abgesetzt werden oder zu traubigen Massen zusammenhängen. Festigkeit, Form und Aussehen dieser coconartigen Hülle zeigt die größte Verschiedenheit, so daß man danach fast eine jede Art erkennen kann. Die Bildung dieser Cocons ist noch nicht näher untersucht worden. Möglich, daß dabei die äußeren Hautdrüsen eine Rolle spielen, wie bei den Würmern. Bei den weiblichen Loligineen hat man einen besondern sehr ansehnlichen Drüsenapparat neben der Geschlechtsöffnung gefunden, die sog. Nidamentaldrüsen, die man wohl nicht mit Unrecht mit dieser Hülle um Eier und Eierschnüre in Zusammenhang gebracht hat. Aehnliche Drüsen finden sich bei den Heteropoden vor der Ausmündung des Eileiters.

Fig. 346.



Weiblicher Geschlechtsapparat von Buccinum undatum.

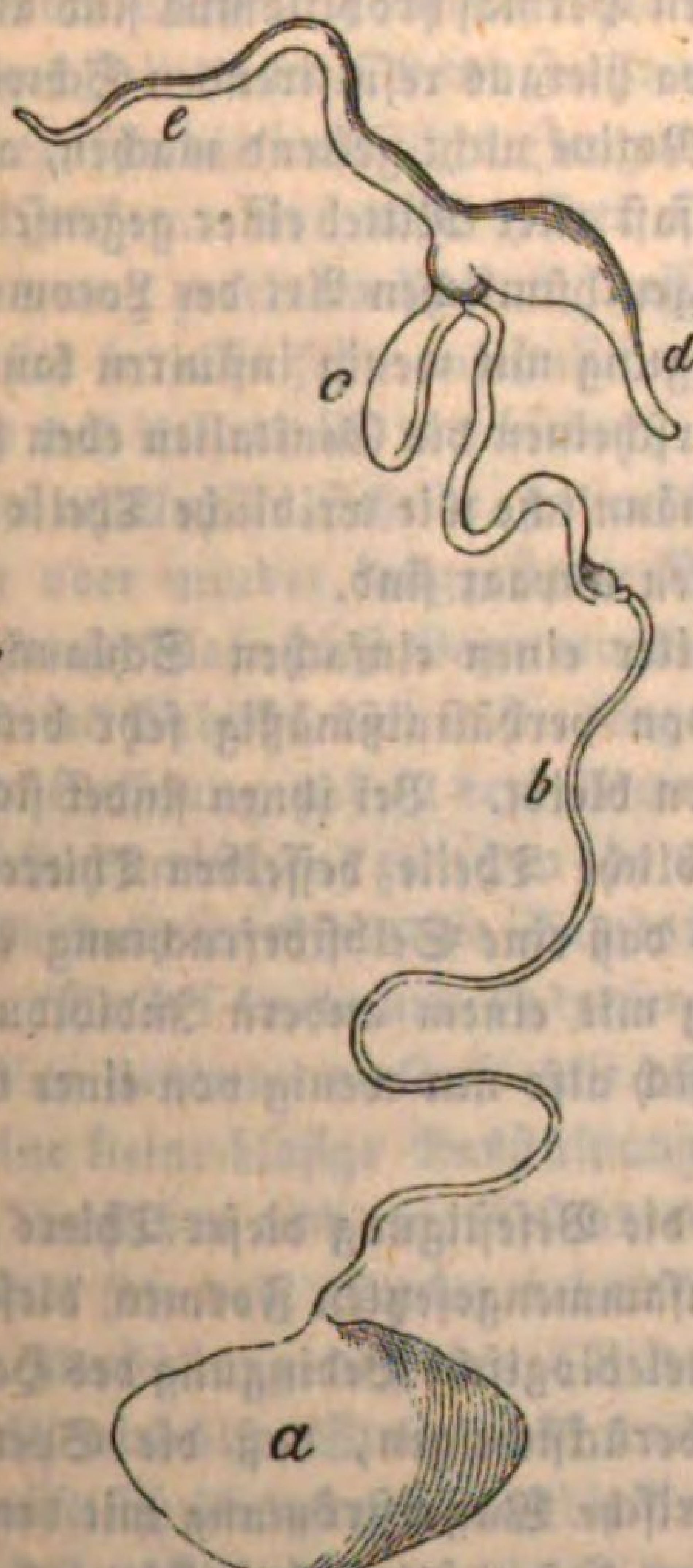
Als Begattungsorgan funktionirt bei den weiblichen Mollusken die Scheide. Sie fehlt den Arten mit einfachem Oviduct und den Cephalopoden. Bei den ersteren findet überhaupt keine Begattung statt. Das Sperma wird in das umgebende Wasser entleert und kommt entweder hier mit den ebenfalls nach außen abgesetzten Eiern in Berührung, oder schon früher, indem es in den weiblichen Körper aufgenommen wird. So namentlich bei den Acephalen, die zum Zwecke der Athmung eine beständige Wassercirculation zwischen den Mantellappen unterhalten und dabei gewiß auch zahlreiche Samenkörperchen mit einziehen. Am Ende der Scheide hängt bei den Kammkiemern (Fig. 346) eine kleine gestielte Blase, die als Befruchtungsapparat zur Aufnahme der Samenkörperchen dient. Bei Paludina vivipara, deren Junge sich im Uterus entwickeln, ist die Insertion derselben bis zum Gebärmuttergrunde emporgerückt.

Die Samenleiter der männlichen Mollusken sind enger, als die Oviducte, wie es die Beschaffenheit der Geschlechtscontenta zuläßt. In ihrem Verlauf sind sie allmälig etwas verdickt. Ihre Wandungen sondern wahrscheinlich ein Sekret ab, das zur Verdünnung und bessern Austreibung des Sperma dient und mit demselben entleert wird.

Bei den Cephalopoden (Fig. 347) steht mit dem Vas deferens eine eigene gestielte Blase in Verbindung, dessen Absonderungsprodukt mit dem Sekrete der Wandungen zur Bildung besonderer, sehr merkwürdiger Samenschläuche (der sog. Needham'schen Körperchen, die man lange Zeit verkannte und für parasitische Würmer hielt) verwendet wird. Diese Samenschläuche der Cephalopoden sind sehr complicirt gebaut. Unter einer äußern homogenen Hülle umschließen sie das Sperma und einen eigenen projectilen Apparat, der seine Wir-

kungen entfaltet, sobald das Wasser auf ihn einzuwirken beginnt. Nach der Bildung werden diese Samenschläuche noch eine Zeitlang in der sogenannten Spermatophorentasche aufbewahrt, die entweder eine Erweiterung des Vas deferens vor der Ausmündung darstellt, oder einen besondern Anhang an derselben Stelle. Eine eigentliche Begattung findet bei den Cephalopoden nicht statt, obgleich die männlichen Individuen die Weibchen umfassen und an der Ausmündung des Vas deferens ein eigener peitschenförmiger Penis sich vorfindet. Der letztere dient wohl nur dazu, den Samenschläuchen bei der Entleerung eine bestimmte Richtung zu geben. Sie dringen dann in die Mantelhöhle der Weibchen, um in unmittelbarer Nähe der Geschlechtsöffnung sich festzuhängen. Durch solche Einrichtung wird der Mangel der Scheide und eines besondern Befruchtungsapparates bei den Weibchen begreiflich. Bei den verkümmerten Hectocotylusformen scheint übrigens keine Bildung von Samenschläuchen stattzufinden, auch die dafür nothwendige Organisation abwesend. Der Aufenthalt in der Mantelhöhle der Weibchen macht eine derartige Veranstaltung unnöthig. — Die Lage der

Fig. 347.



a Hoden.
b Samenleiter.
c Anhangsdrüse.
d Spermatophorentasche.
e Penis.

Männlicher Genitalapparat von Octopus vulgaris.

Fig. 348.



Männlicher Genitalapparat von Buccinum undatum

äußern Genitalöffnung bietet zahlreiche Verschiedenheiten. Bei den Lamellibranchiaten ist sie jederseits am Grunde des Abdomen, neben der Mündung der Nierensäcke. Aehnlich bei Chiton in der Mantelfurche des Hinterleibsendes, bei den Cephalopoden seitlich vom After oberhalb der innern Trichteröffnung. Auch in den übrigen zweigeschlechtlichen Mollusken liegt die Genitalöffnung in der Nähe des Afters, also gewöhnlich an der rechten Seite unter dem Mantelrande des Nackens. Die Männchen besitzen an dieser Stelle ein äußeres Begattungsorgan, einen fleischigen Penis, der gewöhnlich (Fig. 348) eine sehr beträchtliche Größe hat, so daß er nicht zurückgezogen werden kann, sondern zur Zeit der Ruhe unter den Mantelrand nach hinten umgeschlagen wird. In den meisten Fällen ist er vom Samengang durchsetzt. In einigen Arten besitzt er dagegen bloß eine Längsrinne, in welcher der Samen bei der Begattung bis zur Spitze fortgeleitet wird. Der Penis der Heteropoden ist nicht selten gablig gespalten, doch dann nur in der einen Hälfte vom Vas deferens durchbohrt. — Die hermaphroditischen Mollusken schließen sich in der Bildung ihrer Genitalien sehr nahe an die

verwandten zweigeschlechtlichen Arten, zeigen aber in der Vereinigung und dem gegenseitigen Verhältniß der vereinigten männlichen und weiblichen Organe zum Theil die auffallendsten Verhältnisse. Am einfachsten ist der hermaphroditische Bau bei einigen wenigen zweischaligen Muscheln, bei Cyclas, Pisidium unter unseren einheimischen Arten, bei Pecten und gewiß noch manchen anderen. Hier liegen Hoden und Eierstöcke mit ihren Ausführungsgängen als paarige Organe dicht hinter einander, in ähnlicher Weise, wie wir es oben für die hermaphroditischen Würmer kennen gelernt haben.

Die Nothwendigkeit des Hermaphroditismus werden wir bei den genannten Thieren wohl in der Lebensweise zu suchen haben. Bei Cyclas ist dieselbe vielleicht in dem solitären Vorkommen gelegen, das die geschlechtliche Vereinigung und den Contact von Samenkörperchen und Eiern um so schwieriger machen mußte, als die Thiere durch ihre Kleinheit sich auszeichnen. Nicht bloß daß dieselben dadurch immer weiter von einander entfernt gehalten werden, als gleich häufige größere Thiere; in dem Verhältniß der Größe wird auch die Menge der producirten Generationselemente abgenommen haben. Durch den Hermaphroditismus sind alle für die geschlechtliche Erhaltung auf gewöhnlichem Wege etwa hieraus resultirenden Schwierigkeiten beseitigt. Bei Pecten können wir allerdings solche Motive nicht geltend machen, allein diese Thiere leben gleichfalls sehr isolirt und sind dabei fast aller Mittel einer gegenseitigen Annäherung beraubt, indem, wie es scheint, bei der eigenthümlichen Art der Locomotion, der Willen auf die Richtung und das Ziel der Ortsbewegung nur wenig influiren kann.

Bei den Tunikaten, die gleichfalls Zwitter sind, erscheinen die Genitalien eben so einfach, als bei den Acephalen, darin aber verschieden, daß männliche wie weibliche Theile (vielleicht mit Ausnahme einiger größerer Ascidien) vollkommen unpaar sind.

Der Eierstock der Salpen bildet mit dem Eileiter einen einfachen Schlauch, in dem immer nur ein einziges Ei sich entwickelt, das, von verhältnißmäßig sehr beträchtlicher Größe, bis zur Ausbildung des Embryo im Innern bleibt. Bei ihnen findet sich auch die merkwürdige Einrichtung, daß männliche und weibliche Theile desselben Thieres in einer sehr ungleichen Zeit zur Geschlechtsreife kommen, so daß eine Selbstbefruchtung ebenso unmöglich ist, als eine doppelgeschlechtliche Begattung mit einem andern Individuum. Die geschlechtliche Anordnung der Salpen unterscheidet sich also nur wenig von einer vollständigen Trennung der Genitalien.

Der Hermaphroditismus der Ascidien ist durch die Befestigung dieser Thiere genugsam motivirt. Allerdings findet er sich auch bei den zusammengesetzten Formen dieser Thiere, doch hier mag wohl wiederum die Kleinheit als eine teleologische Bedingung des Hermaphroditismus erscheinen. Ueberdieß müssen wir auch berücksichtigen, daß die Spermatozoen eines anderen Thieres wohl nur durch die respiratorische Wasserströmung mit den Eiern in Contact kommen könnten, wenn diese sich im Innern des mütterlichen Körpers entwickeln sollten; daß solcher Ueberführung hier aber in der anatomischen Anordnung der Kiemen mancherlei Schwierigkeiten entgegenstehen. Weit einfacher und sicherer ließ sich die Befruchtung jedenfalls erzielen, wenn die verschiedenen Generationselemente desselben Thieres sich berühren konnten. Und die Bedingungen einer solchen Befruchtung sind in der That bei den Ascidien gegeben, da beiderlei Ausführungsgänge ihr Contentum in die Kloakhöhle ergießen.

Unter den Gasteropoden treffen wir eine hermaphroditische Anordnung der Genitalien bei den Pulmonaten, Hautkiemern und Heterobranchiaten (wohin wir die Cuvier'schen Inferobranchiaten, Tectibranchiaten und Pteropoden rechnen). Auch hier sind männliche und weibliche Theile unpaar, jedoch nicht isolirt, sondern vielmehr vom centralen Ende an in geringerer und größerer Ausdehnung mit einander verschmolzen. Die Keimdrüse ist beständig einfach, ebenso auch der Leitungsapparat in wechselnder Länge. Es ist als ob ein seitlich symmetrisches Gebilde in seinen beiden Hälften in verschiedener Weise sich entwickelt habe.

Die Keimdrüse dieser Zwitterscheiden, die wir mit dem Namen der Zwitterdrüse bezeichnen, liegt gewöhnlich (wie die Keimdrüse der Kammkiemer) in der Lebersubstanz vergraben. In

seltenen Fällen überzieht sie dieselbe äußerlich als eine continuirliche Schicht oder bildet auch, wenn die Leber nur wenig entwickelt ist und keine zusammenhängende Masse darstellt (Phlebenteraten), ein selbstständiges und isolirtes Organ. Sie besteht aus zahlreichen verästelten Blindsäcken, die sich aber bei näherer Untersuchung in zweierlei Gruppen sondern, in äußere und in innere. Die ersteren umgeben entweder die letzteren, wie ein Handschuh die Finger, so daß beide sehr dicht an einander anliegen, oder senken sich mit ihren Stielen in das Ende der inneren Blindsäckchen hinein. Diese letzteren vereinigen sich allmälig zu einem gemeinsamen Ausführungsgang, dem Zwitterdrüsengang. Durch diese merkwürdige Anordnung ist trotz allem Zusammenhang von Hoden und Eierstock eine verschiedene Bildungsstätte von Samenkörperchen und Eiern geschaffen worden. Die ersteren, die eine fadenförmige Gestalt und ein verdicktes Kopfende besitzen, entstehen in den inneren Blindsäckchen, die anderen in den äußeren. In dem Zwischenraume zwischen beiden Säckchen erreichen die Eier ihre vollständige Entwicklung. Später gelangen sie von da durch eine temporäre oder bleibende Oeffnung in die inneren Schläuche, aus diesen in den Zwitterdrüsengang. Nach einiger Zeit trennt sich der Zwitterdrüsengang gewöhnlich in zwei Kanäle, einen kürzeren und dickeren für die weiblichen Zeugungscontenta und einen längeren und dünneren für die Samenkörperchen. Der erstere, der Ovidukt, erweitert sich in der Regel sehr bald nach seiner Trennung zu einem Uterus, dessen Wandungen eine drüsige Textur besitzen und am Anfange sich in eine sehr ansehnliche zungenförmige oder lappige Eiweißdrüse ausstülpen. Die Länge des Uterus ist verschieden, bei den Helicinen am längsten. Auf ihn folgt nach Außen eine muskulöse Scheide, an welcher seitlich zur Aufnahme des Penis und des Samens eine mehr oder minder langgestielte Blase anhängt, wie bei den Insekten. In einzelnen Fällen ist diese Blase bloß Begattungstasche. Der Befruchtungsapparat erscheint dann als ein besonderes Gebilde, das in die Begattungstasche einmündet. Die Scheide kann auch mit besonderer Oeffnung neben dem Uterus ausmünden, doch dann ist wohl beständig (wie bei den Schmetterlingen) zwischen ihr und dem Uterus noch ein besonderer Communicationsgang vorhanden, durch den die Samenfäden zum Zwecke der Befruchtung in letzteren hineinschlüpfen. So bei Doris und Polycera.

Das Vas deferens verläuft mit manchfachen Schlängelungen. Es besitzt mitunter am Anfang eine kleine blasige Ausstülpung zur Aufnahme des Sperma. In manchen Fällen hängt an demselben auch eine besondere Drüse, die wir der Prostata vergleichen möchten, deren Sekret sich dem Samen beimischt und zur Verdünnung und Austreibung, auch vielleicht zur Umhüllung desselben (Bildung von Spermatophoren) dienen mag. Wo solche Drüse fehlt, wird ihre Stelle wohl unmittelbar von den Wandungen vertreten.

Man wird sich überzeugen, daß die Anordnung der Genitalien — abgesehen von der Zwitterdrüse — fast vollständig an die Bildung der männlichen und weiblichen Organe bei den Kammkiemern u. s. w. sich anschließt. Doch unsere Darstellung paßt nicht für alle Fälle. Es sind zunächst nur die Hautkiemer, deren Anordnung dabei zu Grunde gelegt wurde. In den übrigen Zwittergasteropoden sind weibliche und männliche Theile in einem noch höheren Grade mit einander verschmolzen. Schon bei den Heliceen (Fig. 350) ist der Uterus nicht mehr ein isolirter Kanal, sondern in seiner ganzen Länge mit dem anliegenden Theile des Samenleiters in Zusammenhang, so daß nur durch zwei einander gegenüberliegende und nach innen vorspringende Längslippen eine temporäre Trennung beider Gänge vermittelt wird. In den Heterobranchiaten (Fig. 349) hat endlich eine jede Trennung aufgehört: männliche und weibliche Leitungsapparate sind in ganzer Länge, innerlich wie äußerlich, zu einem einzigen Kanale verschmolzen. Die Mündung beider Keimleiter ist in allen Fällen in unmittelbarer Nähe und zwar im Grunde einer höhlenartigen Vertiefung, der sogenannten Geschlechtskloake, an derselben Stelle, wie bei den zweigeschlechtlichen Arten.

In einer besonderen Aussackung dieser Geschlechtskloake findet sich bei den Heliceen noch ein eigenthümliches festes Gebilde von stiletartiger Form, der sogenannte Liebespfeil, der

bei der Begattung nach Außen hervorgestülpt und nachher nicht selten an den äußeren Bedeckungen des andern Individuums anhängend gefunden wird, jedoch später, wie es scheint, sich wiederum ersetzt. Man vermuthet in ihm ein besonderes Stimulationsorgan,

Fig. 349.

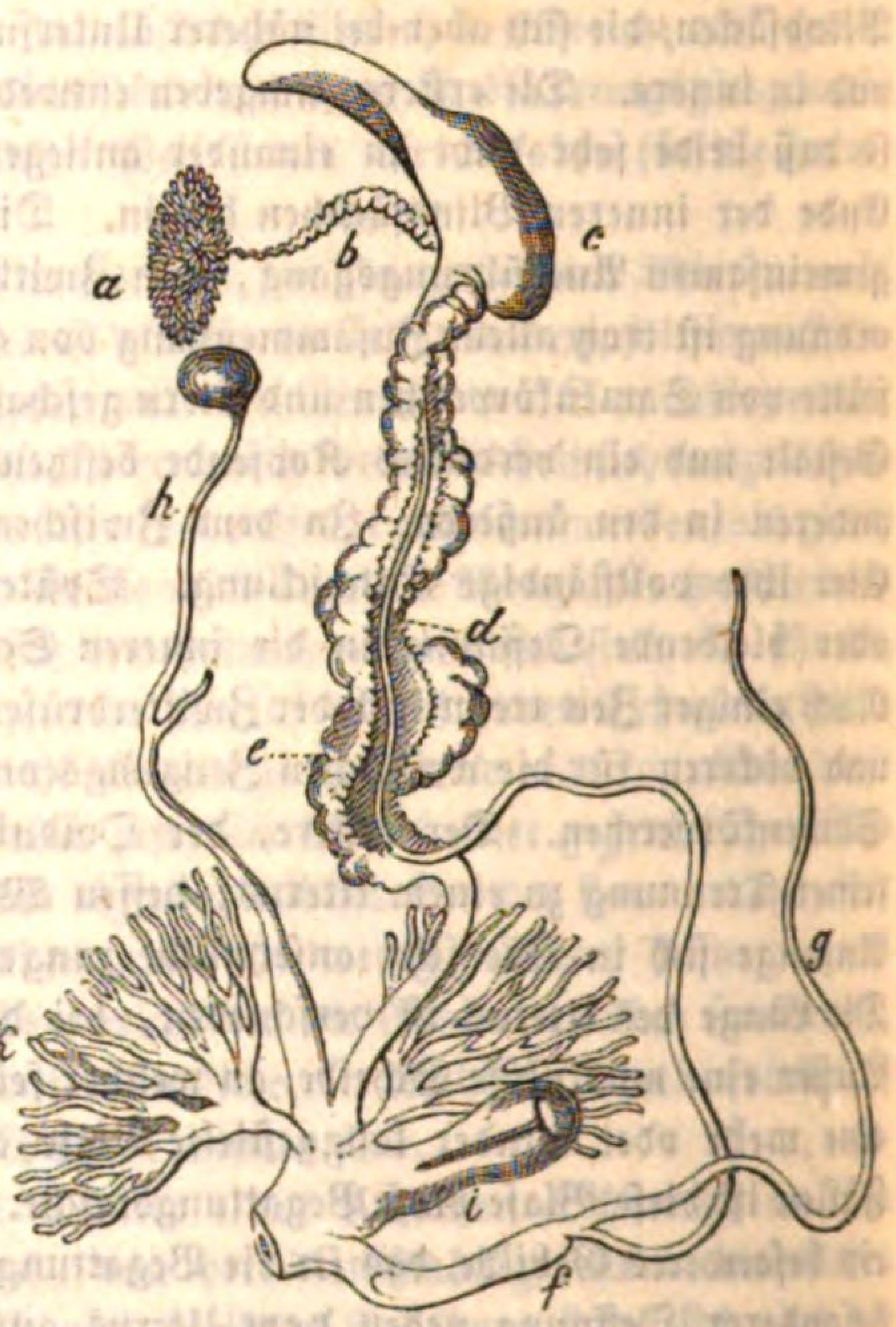


Geschlechtsapparat von Aplysia alba.

a Zwitterdrüse.
b Zwitterdrüsengang.
c Samentasche.
d Eiweißdrüse.
e Begattungstasche.

Fig. 350.

a Zwitterdrüse.
b Zwitterdrüsengang.
c Eiweißdrüse.
d Rinnenförmiges Vas deferens.
e Halbkanal des Uterus.
f Penis mit Flagellum *g*.
h Begattungstasche.
i Pfeilsack.
k Anhangsdrüse.



Genitalapparat von Helix pomatia.

und wirklich kann man kaum einen andern Zweck desselben einsehen. An der Basis dieses Pfeilsackes liegen auch noch zwei ansehnliche, mehr oder minder zusammengesetzte Drüsen, deren Sekret vielleicht, gleich dem der Cowper'schen Drüsen bei den Säugethieren, dazu dient, zum Zweck der leichteren Vereinigung die Geschlechtskloake schlüpfrig zu erhalten.

Mit Ausnahme der Heterobranchiaten liegt in der Geschlechtskloake auch noch ein besonderes Begattungsglied, das vom Samenleiter durchbohrt wird und von da nach Außen hervorgestreckt werden kann. Bei den Heterobranchiaten ist der Penis eine Strecke weit vor die äußere Geschlechtsöffnung gerückt und undurchbohrt, doch durch eine Längsfurche damit in Zusammenhang, so daß das Sperma immer noch durch Hülfe desselben in die weiblichen Genitalien bei der Begattung übergeführt werden kann. Man wird vielleicht fragen, wozu bei solcher Anordnung der Genitalien überall noch eine Begattung, eine Ueberführung des Samens aus einem Individuum in das andere nöthig sey? Und wirklich sieht man das nicht ein, da alle Bedingungen einer Selbstbefruchtung vorhanden sind, da selbst, wie die Beobachtung lehrt, eine solche möglich ist und in Wirklichkeit vorkommt. Indessen ist es noch keineswegs ausgemacht, daß die Begattung in allen Fällen etwa bloß zur Aufreizung der geschlechtlichen Lust, zur Anregung der übrigen geschlechtlichen Aeußerungen diene. Man hat auch an die Möglichkeit zu denken, daß in manchen Fällen männliche und weibliche Zeugungsstoffe in verschiedener Zeit zur völligen befruchtungskräftigen Entwicklung kommen, daß dadurch also eine geschlechtliche Vereinigung nothwendig wird, bei der das eine Individuum als Mann, das andere als Weib funktionirt oder doch nur ein einseitiger Erfolg der Begattung stattfindet. Für solche Vermuthung scheint der Umstand zu sprechen, daß man nach einer Begattung von Zwitterschnecken häufig nur das eine Individuum Eier legen sah, während das andere steril blieb.

In der Abtheilung der Echinodermen sind uns bisher noch keine Geschlechtsver-

schiedenheiten bekannt geworden. Soviel wir wissen, stimmen männliche und weibliche Thiere — die Echinodermen sind wohl alle getrennten Geschlechtes — in ihrem Bau vollkommen überein. Selbst die Genitalien gleichen einander in einem solchen Grade, daß man nur mit Hülfe des Mikroskopes ein sicheres Urtheil über die Natur derselben erlangen kann. Offenbar sind auch die geschlechtlichen Leistungen und Thätigkeiten der männlichen und weiblichen Echinodermen sehr conform. Männliche und weibliche Thiere werden sich aufsuchen und ihre Generationsflüssigkeiten entleeren, wie wir es bei den Kiemenwürmern gesehen haben. Die junge Brut entwickelt sich meist außerhalb des mütterlichen Leibes, bei den Asteriden jedoch häufig in einer Art Bruthöhle, die dadurch gebildet wird, daß die weiblichen Individuen ihre Arme nach Vorn zusammenschlagen und vor dem Munde schließen. Bei den festsitzenden Crinoideen mag der Contact von Eiern und Samenkörperchen allerdings seine Schwierigkeiten haben, indessen schein ttrotzdem keine abweichende Anordnung der Genitalien eingetreten zu seyn. Einigermaßen ist die Ungunst der äußeren Verhältnisse jedoch durch die große Menge der producirten Keimstoffe beseitigt. Die Geschlechtsorgane der Echinodermen bestehen überall aus einfachen und zusammengesetzten Schläuchen, die eine verschiedene Zahl, Gruppirung und Lage einhalten. Sie münden entweder durch besondere Ausführungsgänge, oder entleeren ihren Inhalt durch Dehiscenz zunächst in die Leibeshöhle (Sipunculus, Ophiura u. n. a.) oder auch direkt nach Außen (Crinoidea).

Bei den Sipunculiden bilden sie zwei oder vier Schläuche von ziemlich ansehnlicher Größe, die in letzterem Falle paarweise hinter einander liegen und beständig den Vordertheil des Leibes einnehmen. Die Holothurien besitzen an derselben Stelle eine einzige unpaarige Drüse, die von zahlreichen Blindschläuchen zusammengesetzt wird. Die Genitalien der Seeigel und Seesterne sind meist in der Fünfzahl vorhanden, mitunter auch verdoppelt. Sie liegen im Umkreis des analen Poles, zwischen den Armen oder Ambulacralreihen. Bei den Seeigeln erscheinen sie als einfache Säcke, bei den Seesternen dagegen, wohl aus Raumersparniß, mehr oder minder zusammengesetzt, gelappt oder in Blinddärmchen zerfallen. Die Genitalien der Haarsterne sind sehr zahlreiche (bei Comatula gegen 1400) einzelne Schläuche, die ihre Lage an den Pinnulä der Arme haben.

Wie die Echinodermen, so sind auch die Coelenteraten (soviel wir wissen mit alleiniger Ausnahme der Rippenquallen) getrennten Geschlechtes und mit sehr einfachen Genitalien ausgestattet, die bei männlichen und weiblichen Individuen nur durch die verschiedene Beschaffenheit des Contentum sich unterscheiden. In der Regel werden die Genitalien von zahlreichen kleinen Bläschen gebildet, in denen sich entweder ein Ei oder ein Bündel von Samenfäden entwickelt. Bei den Anthozoen (Fg. 351, 352) sitzen diese Bläschen an den radiären Dissepimenten der Scheidewände, bei den größeren Arten (Actinia) in eigene bandartige Membranen eingebettet. Der reife Inhalt wird durch Dehiscenz frei und fällt dann in die Leibeshöhle. Hier geht auch die Befruchtung der weiblichen Thiere vor sich, offenbar dadurch, daß dieselben mit dem Wasser (vgl. oben S. 281) zahlreiche Samenkörperchen einnehmen. Bis zur Entwicklung der Embryonen verharren die Eier in der Leibeshöhle. Späterhin werden sie durch das Magenrohr gewöhnlich nach Außen geschafft, auf demselben Wege, den auch die Samenkörperchen wandern werden.

Fig. 351.

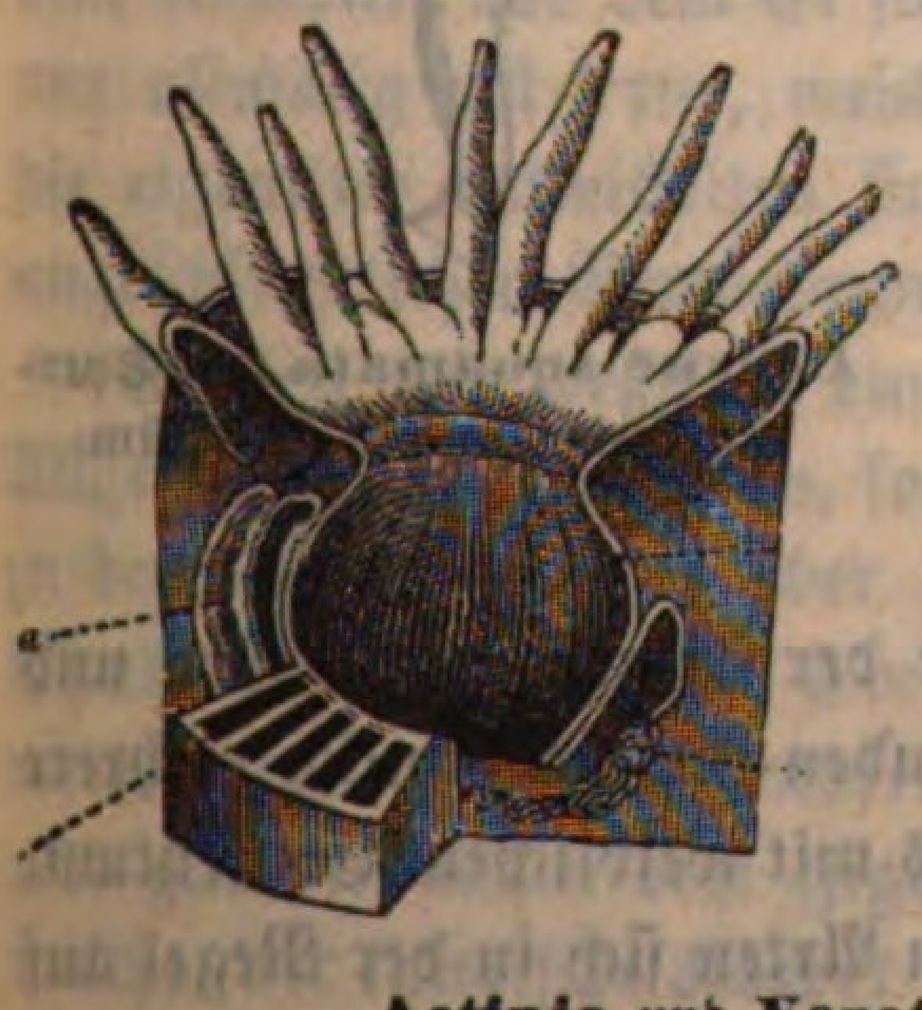


Fig. 352.



Actinia und **Veretillum.**
a Genitalien.

Es ist eine interessante Erscheinung, daß die einzelnen Individuen desselben Thierstockes

in der Regel von gleichem Geschlecht sind. Daß die Befruchtung aber dennoch in angegebener Weise vor sich geht, mag durch das häufige Nebeneinanderwohnen verschiedener Thierstöcke möglich werden.

Die Geschlechtsorgane der Scheibenquallen erscheinen weit häufiger, als die der Polypen, in der Gestalt besonderer bandartiger Organe mit sehr zahlreichen Eier- oder Samenbläschen. Sie liegen bei den kleineren Arten im Umkreis des Mundstieles, bei den übrigen dagegen meist an der ovalen Fläche der Scheibe in der Körpersubstanz vergraben. Gewöhnlich sind sie dann in der Vierzahl vorhanden und von kreuzförmiger Gruppirung, jedoch ist ihre Zahl mitunter auch (z. B. bei Aequorea) sehr vermehrt. Da besondere Ausführungsgänge fehlen, so entleeren die Genitalien ihren Inhalt wahrscheinlich durch Dehiscenz des umgebenden Körperparenchyms. In den größeren Arten, wo wegen der Dicke der Körperwandung dieses wohl am schwierigsten seyn würde, finden sich vor den Genitalien auf der Mundscheibe eigene weite und tiefe Höhlen, aus denen diese Organe zur Zeit der Geschlechtsreife als ansehnliche guirlandenartige Anhänge hervorragen. Bei den weiblichen Scheibenquallen entwickeln sich mitunter zu derselben Zeit an den Rändern der Arme besondere kleine Taschen, die zur Aufnahme der Eier und jungen Brut dienen. In anderen Fällen wird die Brut auch in dem Raum zwischen Mundöffnung und den Rändern der vordern Körperfläche aufbewahrt, doch nur bei denjenigen Arten, die einen stark gewölbten, glockenartigen Körper besitzen.

Die Fortpflanzungsverhältnisse der Scheibenquallen sind auch noch durch andere merkwürdige Eigenthümlichkeiten ausgezeichnet. Wir werden im folgenden Kapitel erwähnen müssen, daß sehr viele dieser Thiere durch äußere Knospenbildung an Geschöpfen entstehen, die ihnen sehr unähnlich sind und von den früheren Zoologen als selbstständige Thierformen (Siphonostomen und Hydroiden) beschrieben wurden. Die Zeit der Trennung von diesen larvenartigen Mutterthieren (Ammen) ist verschieden, zum Theil aber eine sehr späte, so daß man bei einigen Arten selbst die geschlechtsreifen Medusen noch angeheftet findet. Ja es gibt selbst manche, die sich niemals von ihren Ammen loslösen, sondern Zeitlebens damit in Verbindung bleiben. In solchen Fällen erreichen dieselben aber keineswegs ihre volle Entwicklung, sie verkümmern vielmehr und werden zu bläschenförmigen Körpern ohne Organe und Eingeweide, in deren Innern sich aber trotzdem, je nach dem Geschlechte, Eier oder Samenkörper bilden. Derartige verkümmerte Geschöpfe hat man gewöhnlich als äußere Genitalien derjenigen Thiere gedeutet, an welchen sie vorkommen; jedoch mit Unrecht, wie schon der Umstand beweist, daß mitunter dieselben Ammen an denselben Stellen und auf dieselbe Weise bald ausgebildete Akalephen, bald solche Kapseln produciren. Zu diesen Ammen gehört auch unser Süßwasserpolyp, Hydra. Auffallender Weise entbehrt dieser aber der Fähigkeit, jemals völlig entwickelte Akalephen zu treiben. Alle seine Knospen bleiben auf einer frühen Stufe der Entwicklung stehen und werden zu scheinbaren äußeren Genitalien. Solcher Anhänge finden sich gewöhnlich mehrere an demselben Thiere, und zwar ebensowohl mit männlichem, als mit weiblichem Contentum. Auch dieser Umstand ist abweichend, da die meisten verwandten Arten sich in der Regel auf die Production der einen oder der anderen Anhänge beschränken.

Fig. 353.



Coryne squamata mit Spermatozoenkapseln (verkümmerten Akalephen).

Die Rippenquallen sind, so viel wir wissen, die einzigen Coelenteraten mit hermaphroditischem Geschlecht. Ihre Genitalien liegen gleichfalls in dem Körperparenchym eingebettet und zwar unter den Rippen je als zwei der Länge nach verlaufende Schläuche. Von diesen beiden Schläuchen, die in ihrer Form und Anordnung ganz übereinstimmen, ist stets der eine mit Eiern, der andere mit Samenkörperchen gefüllt. Bei Mangel der Ausführungsgänge

geht die Entleerung des Inhaltes wohl wie in den übrigen Akalephen vor sich. Männliche und weibliche Zeugungsstoffe werden sich erst außerhalb des Körpers treffen.

Die zu den Protozoen gerechneten Thiere entbehren sämmtlich der Genitalien und der geschlechtlichen Fortpflanzung. Ihre Vermehrung ist lediglich eine ungeschlechtliche und wird als solche in dem folgenden Abschnitt ihre Berücksichtigung finden. Es hat allerdings ein berühmter Zoolog den Nachweis versucht, daß sie (wenigstens die Infusorien) Zwitter seyen und einen complicirten Genitalapparat besäßen, allein diese Angaben haben sich als irrthümlich erwiesen. Samenkörperchen und Eier, diese charakteristischen Elemente der geschlechtlichen Funktionen, sind bei keinem Protozoon aufzufinden. Die Protozoen stehen in dieser Hinsicht ganz allein unter den übrigen Thieren. Man nahm früher allerdings an, daß es auch außer ihnen noch eine große Menge anderer geschlechtsloser Thiere gäbe, doch seither haben wir erfahren, daß dieselben nicht geschlechtlose Arten, sondern geschlechtlose, (zum Theil auch verkümmerte oder unausgebildete) Individuen anderer Arten seyen, die im entwickelten Zustande Generationsorgane besitzen. Es ist uns dieses ein bedeutungsvoller Fingerzeig, daß es mit den Protozoen sich ähnlich verhalte, daß sie — und durch manche andere Umstände gewinnt diese Vermuthung noch größeres Gewicht — nicht selbstständige Geschöpfe seyen, sondern als geschlechtslose Individuen anderen verschiedenen Thierarten zugehörten.

Zweiter Abschnitt.

Die Metamorphose der Thiere.

So bedeutungsvoll auch im Allgemeinen der Abschnitt im Leben eines Thieres ist, welcher das Hervorgehen aus dem Frucht- oder Eileben desselben, den Uebergang in eine weitere Umgebung bezeichnet, so ist doch, wie uns dieses Kapitel zeigen wird, der Werth dieses Abschnittes für verschiedene Thiere sehr verschieden; es ist das Verhältniß der Lebensperiode vor diesem Ereignisse zu den darauf folgenden Umbildungserscheinungen manchfach selbst nahe verwandten Thieren in sehr abweichendem Maaße zugetheilt. Der Entwicklungszustand oder Grad von Reife, in welchem die Thiere aus dem Ei hervorkommen, ist bei verschiedenen sehr verschieden. Es gehen namentlich bei sehr vielen Wirbellosen noch nach dem Austritte aus dem Ei so große Veränderungen mit den jungen Thieren vor, daß man nur allmälig erst lernt, welche der bekannten Thierformen vorübergehende, welche dagegen die eigentlich entwickelten sind. Hier werden wir selbst die merkwürdige Erscheinung der ungeschlechtlichen Vermehrung unreifer Thierformen zu betrachten haben.

Wollen wir deßhalb einen Blick auf die Entwicklungserscheinungen im Thierreiche im Allgemeinen unternehmen, so ist es völlig unthunlich, die Zeit des Eilebens dabei als Maaß zu benutzen. Da nun aber auch im spätern Leben der Thiere sich nirgend ein bestimmter Punkt ohne Willkür als Grenze der Entwicklung festsetzen läßt, so müssen wir hier nothwendig den ganzen Lebensverlauf der Thiere als Gegenstand der Untersuchung vorzeichnen und glauben damit dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntniß von den Veränderungen, welche der thierische Körper von seiner ersten Bildung im Ei bis zum Tode erleidet, ganz gemäß zu handeln. Indem aber gleichwohl bei vielen Thieren, namentlich der höheren Wirbelthierklassen, die bei weitem auffallendsten Metamorphosen schon im Ei vollzogen werden, so werden sich, ganz nach dem Bedürfnisse solcher Umstände, unsere Darstellungen bald mehr auf diesen Theil des Lebens beschränken, und somit von der Entwicklung im engern Sinne handeln, bald weit darüber hinausgehen.

Da es nun in neuerer Zeit auch immer weniger wahrscheinlich geworden ist, daß es

Thiere gäbe, welche sich nur durch Theilung, Sprossung oder dgl. und nie durch Eier fortpflanzen, da es deßhalb für jedes Thier, dessen Metamorphosenkreis bekannt ist, möglich wird, die Beschreibung desselben mit dem befruchteten Ei zu beginnen, so können wir hier zunächst Einiges sagen, was gleichmäßig für alle Entwicklung aus dem Eie gilt, von da aus dann mehr und mehr in das Einzelne der verschiedenen Abtheilungen des Thierreiches fortschreiten.

Es ist zunächst der Dotter, dieser wesentlichste und allgemein verbreitete Bestandtheil des Eies, mit welchem wir uns zu beschäftigen haben. Er ist im Eierstocke herangereift und hat sich mit Erlangung der völligen Reife von demselben gelöst. Was sich nun auch äußerlich, vor oder nach der Befruchtung mit ihm begeben möge, wohin er gelange, welche Hüllen sich ihm etwa anlegen, dieß Alles hat nur eine untergeordnete Bedeutung, der reife Dotter selbst ist der Sitz der wichtigsten Vorgänge: aus ihm bildet sich zunächst das neue Thier.

Bei allen befruchteten Dottern, deren Kleinheit sie nicht einer genauern Beobachtung entzieht, scheint der erste, die Bildung des neuen Thieres andeutende Vorgang in der Bildung von Zellen zu bestehen. Bald wird der ganze Dotter von diesem Vorgange ergriffen, bald nur ein Theil desselben, und bei Dottern, welche im Verhältniß zu dem Thiere groß sind, z. B. denen der Vögel, nur ein kleiner Theil. Immer aber liegt dann dieser sich in Zellen umbildende Theil oberflächlich und hat, wie es scheint, die Stelle, an welcher das Keimbläschen lag, zum Mittelpunkte.

Man hat zwei verschiedene Vorgänge unterschieden, durch welche sich im Dotter Zellen bilden und vermehren: entweder nämlich entstehen Zellen nach dem gewöhnlichen Schema, oder es geht die Bildung derselben aus einer merkwürdigen Spaltung des Dotters hervor.

Die letztere Weise scheint bei allen Wirbelthieren zu herrschen, die wir hier, wie überall, zuerst berücksichtigen, und wir beschränken uns deßhalb zunächst darauf, ein Paar Worte über sie zu sagen.

Bei den Batrachiern, wo sie zunächst beobachtet worden ist, stellt sich diese Spaltung folgendermaßen dar: der erste Schritt besteht darin, daß der Dotter eine kreisförmige Furche zeigt, welche (einen größten Kreis beschreibend) ihn äußerlich in zwei Halbkugeln trennt. Dann entsteht eine zweite Furche, ebenfalls im größten Kreis, die erste an zwei Punkten, welche wir Pole nennen wollen, unter Winkeln von 90^0 schneidend; eine dritte Furche bildet sich dann alsbald in der Richtung des Aequators und schneidet folglich die beiden ersten wiederum an vier Stellen unter Winkeln von 90^0.

So sind nun äußerlich acht dreieckige Felder an dem Dotter abgezeichnet. Aber es ist dieß nicht bloß eine äußerliche Begebenheit, sondern jeder der Kreisfurchen entspricht zugleich eine innerliche Sonderung des Dotters, so daß man denselben, wenn er vorher durch Mineralsäuren gehärtet ist, jetzt leicht in acht Stücke kann zerfallen lassen. Indem sich nun neue Furchen, theils parallel der äquatorialen, theils zwischen den zwei ersten durch die Pole laufend bilden, so schreitet die Zerklüftung des Dotters immer weiter fort. Es bilden sich aber, außer den oberflächlich als Furchen sichtbaren Klüften auch noch verborgene, welche der Oberfläche des Dotters parallel laufen. Zugleich entsteht eine Höhle im Dotter, welche nicht die Mitte desselben innehält, sondern weit mehr nach einer Seite desselben hin liegt. Durchschneidet man den Dotter jetzt, so sieht man also diese Höhle nach der einen Seite, welche wir die obere nennen dürfen, von einer dünnern, nach der andern von einer weit stärkern Schichte des aus der Zerklüftung hervorgegangenen Dotterklumpen oder Ballen begrenzt. Die Ballen der dünnern Schicht sind feiner, die andern gröber.

Diese Dotterballen nun sind Zellen. Während man sich vergeblich bemüht, an den zuerst entstandenen Segmenten des Dotters eine umhüllende Haut nachzuweisen,*) während

---

*) Wir wollen jedoch die entgegengesetzte Ansicht eines durch Eifer und Geschicklichkeit ausgezeichneten Forschers nicht mit Stillschweigen übergehen. Reichert behauptet, daß sich schon an den frühe-

selbst noch nach etwas weiter fortgeschrittenem Spaltungsproceß die einzelnen Ballen durch nichts weiter als durch ein Zäheweren dessen, was ursprünglich flüssig war, zusammengehalten zu werden scheinen, ist es auf einer gewissen Stufe der Zerklüftung ganz deutlich, daß die einzelnen Klümpchen von klaren bestimmten Häuten umgeben werden, zu welchen sich alles Uebrige als Zelleninhalt verhält.

Es versteht sich hiernach von selbst, daß ein Vorgang, welcher mit der Spaltung des Dotters in zwei Klumpen beginnt und durch fortschreitende Spaltung zur Bildung wahrer Zellen führt, von Anfang an den Namen eines Zellenbildungsprocesses verdient, und daß schon die ersten zwei Klumpen, wenn sie auch wegen Mangels einer äußern Haut nur mit Zwang Zellen zu nennen sind, doch den Zellen wesentlich verwandt erscheinen, so daß man sich ein beide Arten solcher Gebilde umfassendes Wort wünschen müßte. *)

Aehnlich erscheint der Vorgang bei den Säugethieren. Nur daß hier, wo es sich um sehr kleine Dottermassen handelt, die Klümpchen gleich von Anfang an sich selbstständiger in ihren Formen zeigen: gleich die beiden ersten Dottertheile liegen nicht mehr in verhältnißmäßig großen Flächen aneinander, sondern berühren sich nur mit einem kleinen Theile der (convex werdenden) Flächen, welche sie einander zukehren. Auch im weiten Verlaufe der Zellenbildung zeigen sich untergeordnete Abweichungen. Sind ihrer ziemlich viele gebildet, so entsteht eine große Lücke zwischen ihnen, so daß diese Zellen nur als eine dünne hautförmige Schicht um diese Höhle herum liegen.

Bei beschuppten Reptilien, auch gewissen nackten, bei manchen Fischen (namentlich den Knorpelfischen) und allgemein bei den Vögeln, bilden sich die Zellen nur an einem Theile der Dotteroberfläche. Bei der Geburtshelferkröte und einigen Fischen ist dieser Hergang beobachtet worden und es hat sich gezeigt, daß er auch auf Zerklüftung beruht, welche sich nur auf einen Theil des Dotters beschränkt. Eine kleine oberflächliche Schicht des Dotters wird consistenter, bekommt verschiedene sich durchkreuzende Furchen und wird zugleich durch eine ihrer Außenfläche parallel laufende Kluft von dem übrigen Dotter abgesondert. — Nach einer einzelnen Beobachtung glaube ich, daß der Vorgang im Vogelei wesentlich derselbe ist. Diese Beobachtungen sind leider nicht leicht im Zusammenhange auszuführen, da man für jede Untersuchung einen Vogel öffnen muß, und dann noch vom Zufalle abhängt in Bezug auf das Stadium, in welchem man die Zellenbildung findet. So ist es mir auch bis jetzt nicht gelungen, meine Erfahrungen zu ergänzen. **) In Frankreich hat man einzelne ähnliche Wahrnehmungen gemacht.

Man findet in den so entstandenen Zellen auch Körper, welche man wohl Zellenkerne

---

sten und größten Ballen zarte Membranen nachweisen lassen. Reichert hat sich jedoch in der ganzen Behandlung dieser Frage so befangen in einer bestimmten willkürlichen Auffassung gezeigt, daß wir hier auf seine Behauptung keinen so großen Werth legen können. Hat er doch in seiner Abhandlung in Müller's Archiv 1846 die früher (ebendas. 1841) behauptete Entstehung der Dotterzellen von einem Kerne aus und mithin die Opposition gegen die zuerst von Bergmann aufgestellte Bildung derselben durch Zerklüftung des Dotters, fallen lassen, ohne doch eigentlich eine Meinungsänderung einzustehen! Er beklagt sich daselbst über Kölliker's Vorwürfe und gibt dabei doch stillschweigend gerade den Punkt auf, welchen diese Vorwürfe hauptsächlich trafen.

*) Dieß ist so einfach, daß es, wie bei sehr einfachen Sachen häufig, schwer wird, noch einen besondern Beweis dafür zu finden. Bei der unfruchtbaren Krittelei, welche dieser Bemerkung trotzdem widerfahren ist, als ich sie zuerst vor Jahren (Müller's Archiv 1841) aussprach, freut es mich zu sehen, wie die Unwiderstehlichkeit der Thatsache sich mehr und mehr fühlbar macht. So spricht v. Siebold (v. Siebold u. Kölliker, Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie. Bd. I. S. 354) geradezu von Zellen ohne begrenzende Haut und entschuldigt diese Wortwidrigkeit mit dem physiologischen Bedürfniß.

**) Ich bin also nicht im Stande, der Aufforderung des Herrn Remak in dieser Hinsicht Folge zu leisten.

nennen darf. Etwas Allgemeines über ihr erstes Auftreten in dem Zerklüftungsprocesse und über ihre Bedeutung bei demselben läßt sich aber wohl noch nicht mit Sicherheit geben.

Ueber die Natur dieses Vorganges ist so viel klar, daß er von Anfang an, auch wo die Ballen noch keine nachweisbaren Grenzhäute haben, bis dahin, wo dieß entschieden der Fall ist, als ein und derselbe Proceß aufgefaßt werden muß, daß er also von Anfang an die Richtung auf Zellenbildung hat und daß man wohl schon den ersten Ballen wenigstens die Analogie mit Zellen zuschreiben muß: daß sie, wie diese, Individuen mit plastischen Kräften sind. Ohne Zweifel sind auch die Membranen der späteren Klumpen oder der eigentlichen Zellen nichts plötzlich Auftretendes, sondern schon an den größeren Ballen durch eine stärkere peripherische Verdichtung angedeutet, welche nur darum nicht den Namen einer Haut verdient, weil sie nicht kenntlich von dem Innern des Klumpens sich abgrenzt.

Der als Zerklüftung erscheinende Vorgang ist aber überhaupt von einer Verdichtung des Dotters, insoweit derselbe in Klümpchen oder Zellen übergeht, begleitet. Die Flüssigkeit, welche in dem unbefruchteten Dotter zwischen den mikroskopischen festen Theilen sich befand, scheidet sich in einen flüssig bleibenden und in einen zäh werdenden Theil, der erstere bleibt außerhalb der Klümpchen, der andere ist in ihnen und gibt ihnen eine gewisse Festigkeit. Auf dieser Verdichtung beruht es, daß die entstandenen Zellen nicht ganz denselben Raum einnehmen, als der Dotter, aus welchem sie sich gebildet: im Dotter der Batrachier entstand, wie wir gesehen, eine (von Flüssigkeit gefüllte) Höhle zwischen den Zellen; im Säugethierei bilden die Zellen sogar endlich nur eine dünne Schicht um eine verhältnißmäßig große Höhle. Wo nur ein Theil des Dotters sich in Zellen umbildet, verräth sich die Verdichtung darin, daß in der Nähe der entstandenen Zellen sich eine klare Flüssigkeit zeigt. Diese ist z. B. unter den neugebildeten Zellen, zwischen ihnen und dem übrigen Dotter, bei dem Vogelei sehr wohl bekannt.

Die Masse der neuentstandenen Zellen bildet nun den Keim oder die erste Grundlage des Thieres. Bei den Vögeln und sonst in ähnlichen Verhältnissen nennt man die kleine und dünne Zellenschicht die Keimhaut. Auch bei den Säugethieren ist dieser Name passend; es ist hier eine sackförmig geschlossene, den ganzen flüssigen Rest des Dotters einschließende, dünne Zellenschicht vorhanden. Bei den oben erwähnten Batrachiern aber ist die Masse der Zellen gegen die Höhle so bedeutend, daß der Namen einer Haut nicht mehr paßt.

Wiewohl nun hiernach schon der erste Keim des Thieres sich bei verschiedenen merklich verschieden ausnimmt, so werden wir doch bald inne werden, daß diese Verschiedenheit nur in dem sehr untergeordneten Verhältnisse der Größe der ersten Thieranlage zu der Menge des Dotters beruht, während der Weg, welchen die Bildung des Thieres aus dieser Zellenmasse nimmt, ursprünglich bei allen Wirbelthieren ein sehr ähnlicher ist. Das Verhältniß der Größe der ersten Thieranlage zu der Masse des Dotters kann aber deßhalb ein sehr verschiedenes seyn, weil bei manchen Thieren der nicht in Zellen umgebildete Rest des Dotters noch lange Zeit als Nahrung für die erste Thieranlage dienen muß, wie besonders bei den Vögeln und beschuppten Reptilien, weniger bei Fischen, während bei den Säugethieren das Nahrungsmaterial des Dotters immerhin zur Bildung des Keimes früh verwandt werden mag, da diesen Eiern aus dem mütterlichen Körper schon in den Eileitern, noch mehr im Uterus, stets neue Nahrung von Außen zugeführt wird, welche durch die äußere Eihaut dringt.

Anders als bei den Säugethieren, aber doch mit ähnlicher Wirkung auf das Größenverhältniß von Keim und Dotter, ist es bei manchen Batrachiern und Fischen. Diese nämlich können, insofern sie im Wasser das Ei verlassen und Anfangs oder für immer Wasserthiere sind, den Schutz und die Ernährung im Ei schon früh entbehren. Das Leben im Wasser ist leichter, als das Leben auf festem Boden, das Wasser gewährt den zartesten Organismen hinreichende Stütze und Leichtigkeit, sich zu ernähren. So fällt für diese

Thiere die Zeit der Embryonalernährung verhältnißmäßig kurz aus. Daher ihr verhältnißmäßig kleiner Dotter.

Während aber die ersten Anlagen des Körpers der Wirbelthiere der Hauptsache nach die größte Aehnlichkeit unter einander zeigen, so tritt doch auch schon ziemlich früh in untergeordneten, aber sehr in die Augen fallenden Verhältnissen eine Verschiedenheit ein, welche es nöthig macht, einer näheren Beschreibung dieser Vorgänge die Bemerkung vorauszuschicken, daß sich der Entwicklung nach die ganze Reihe der Wirbelthiere in zwei große Abtheilungen sondert, von welchen die eine neben den Fischen die nackten Reptilien begreift, während die andere die beschuppten Reptilien, Vögel und Säugethiere in sich faßt. Letztere nämlich entwickeln zwei fötale (spätestens bei der Geburt verloren gehende) Gebilde: das Amnion und die Allantois, welche den ersteren fehlen. Dadurch bekommt der Entwicklungsgang derselben ein weit einfacheres Ansehen.

Da es naturgemäß ist, vom Einfacheren zum Zusammengesetzteren fortzuschreiten, und zugleich nothwendig erscheint, die Vorstellungen an eine bestimmte Form zu knüpfen, so wählen wir ein nacktes Reptil zu unserer ersten Darstellung, um an diese alsdann als Abweichungen die wichtigsten Modificationen, welche sich bei anderen Thieren zeigen, anzuknüpfen.

Wir haben gesehen, wie sich der Dotter der Frösche ausnahm, nachdem die Zerklüftung desselben bis zur Zellenbildung fortgeschritten war. Es hatte sich innerhalb der Zellenmasse eine Höhle gebildet, nicht in der Mitte, sondern der Oberfläche der einen Hälfte des Dotters weit näher, als der andern. Die Zellen, welche die Umgebung der Höhle bilden, wo sie der Oberfläche näher liegt, waren zugleich feiner; wir wollen dieß den obern Theil des Keimes nennen und die andere Seite als die Bauchseite bezeichnen. Es gibt für diese Bezeichnungsweise mehrere Gründe. Wir wollen hier nur erwähnen, daß die von uns als obere bezeichnete Seite specifisch leichter als die entgegengesetzte zu seyn scheint. Indem nämlich der Dotter sich etwas zusammengezogen hat, ist er innerhalb der Dotterhaut noch von einer Schicht heller Flüssigkeit umgeben und folglich frei beweglich. Unter diesen Umständen bemerkt man, daß beim Umwälzen eines Eies die als obere bezeichnete Seite stets wieder sich wirklich nach oben wendet.

Auf dieser Zellenschicht entsteht nun alsbald eine längliche Furche, nach beiden Seiten begrenzt von zwei wulstförmigen Erhebungen, welche wir als Primitivrinne oder Primitivfurche bezeichnen. Dieß ist allen Wirbelthieren gemeinsam. Nur scheint es, daß bei manchen mehr oder weniger deutlich der Bildung dieser Rinne erst ein erhabener Wulst vorangeht, der Primitivstreif, so daß wir die Entstehung der Rinne dann bezeichnen können als eine Sonderung des Primitivstreifens in zwei seitliche, welche eben die Furche zwischen sich lassen.

Die beiden Wülste, welche die Furche zwischen sich fassen, sind Verdickungen des Keimes. Sie erheben sich bald stärker, und zwar so, daß jede derselben steil gegen die Furche abfällt, während sie sich nach Außen unmerklich in die Oberfläche des Keimes verliert. Somit wird die Furche enger und tiefer. Zugleich zeigt sich eine Verschiedenheit ihrer beiden Enden, von welchen wir das eine, welches in der That dem Kopftheile des künftigen Thieres entspricht, Kopfende, das andere Schwanzende nennen wollen. An dem Kopfende nämlich entwickelt sich die Furche bald besonders ansehnlich, sie wird hier breiter und bekommt verschiedene Ausbuchtungen, so daß die Seitenwände, wiewohl sie sich kräftig entwickeln, doch im Verhältniß gegen die zwischen ihnen befindliche Grube weniger ansehnlich sind. Das vordere Ende dieser Grube, oder der ganzen Rinne, wird bald dadurch bestimmt, daß die seitlichen Wülste vor derselben in einander übergehen.

Fig. 354.



Rückenfurche mit Wülsten beim Froschembryo.

Die weitere Entwicklung geht hier nun so vor sich, daß die seitlichen Wülste oder Rückenwülste, nachdem durch ihre bisher bezeichnete Ausbildung die Primitivfurche großentheils zu einer engen Rinne geworden ist, mit schärfer werdenden Rändern sich über derselben vereinigen und so die Rinne zu einer Röhre schließen.

Dieß geschieht zunächst hinter dem erweiterten Kopfende derselben, also in der dem Nacken entsprechenden Gegend. Von da schreitet die Vereinigung allmälig nach hinten fort, bis die ganze Furche geschlossen ist. Auch vorn findet diese Schließung statt, jedoch nicht bloß durch ein Zusammenneigen der Wände von beiden Seiten, über der Grube, sondern indem auch gleichzeitig von vorn her, wo ja die Grube sich durch die Vereinigung der beiden Seitenwände begrenzt hatte, die Vorderwand nach rückwärts sich über die Vertiefung hin entwickelt. Somit enthält der Keim nach einiger Zeit eine feine, nach hinten spitz auslaufende, nach vorn in einen weiten Theil geendigte feine Röhre.

Diese Röhre ist der *Rückenmarkskanal*; ihr vorderes Ende ist die *Schädelhöhle*. Es bilden sich in derselben das Rückenmark und Gehirn, indem zuerst an den Wandungen, namentlich den seitlichen, zarte Substanzschichten sich zeigen. Gehirn und Rückenmark sind also ursprünglich ganz durchweg hohl. Die Höhlen füllen sich, indem die Substanz absolut und relativ an Mächtigkeit zunimmt.

Wir sind, um erst einen festen Punkt zu gewinnen, in der Verfolgung dieser Vorgänge immer fortgeschritten, während sich gleichzeitig schon mehrere andere wichtige Bildungen begeben haben.

Die Rückenwülste verloren sich, wie wir sahen, nach beiden Seiten unmerklich in die Fläche des Keimes. Derselbe hat sich dabei zu beiden Seiten neben der Rückenmarkshöhle verdickt; wir nennen diese beiden dickeren Streifen *Rückenplatten*. Wie sich schon aus ihrem Lagenverhältnisse zum Rückenmarke schließen läßt, stellen sie in der That die *Rückenwand* des Thieres dar.

Diese beiden Rückenplatten sind also durch die Rückenmarkshöhle von einander getrennt. Unterhalb derselben würden sie, nach der bisherigen Darstellung, immer mit einander zusammenhängen. Aber auch hier hat sich ein neues Gebilde zwischen ihnen entwickelt, noch ehe die Primitivrinne zur Röhre geschlossen war. Unter dieser Rinne nämlich bildet sich der Länge nach, nur das vordere Ende der Gehirngrube wohl nicht erreichend, ein Zellenstreif eigenthümlich aus, indem er bald als ein zusammenhängender cylindrischer Faden erscheint. Das ist die *Rückensaite*, Chorda dorsalis, welche schon in der Beschreibung des Skelets ihren Platz finden mußte, da sie bei den niedrigeren Wirbelthieren ein persistentes Organ ist. Aus der Beschreibung der verschiedenen Wirbelsäulen an jenem Orte läßt sich auch zugleich entnehmen, wie diese Knorpelsäule bei den höheren Wirbelthieren allmälig durch das Skelet verdrängt wird: in der Umgebung der Rückensaite und des Rückenmarks bilden sich die festen Theile der einzelnen Wirbel allmälig aus und indem diejenigen, welche die Chorda umgeben, sich nach Innen (gegen die Chorda hin) immer stärker entwickeln, entsteht die Reihe der Wirbelkörper, welche anfangs noch Reste der Rückensaite in sich schließt. Bei den höheren Wirbelthieren verschwinden diese aber gänzlich und zwar bei den Vögeln und Säugethieren schon recht früh.

Fig. 355.



Querschnitt durch den Froschembryo mit noch offener Rückenfurche.

a Rückensaite.

Kehren wir wieder zu den Anfängen der Primitivrinne und der Rückensaite zurück, so tritt neben ihnen noch eine andere wichtige Erscheinung auf: die Sonderung des Keimes in zwei übereinander liegenden Zellenschichten. Alles, was wir bis jetzt beschrieben haben, gilt nur von der äußern derselben, während eine innere (die Dotterhöhle also unmittelbar berührende) Zellenschicht, welche sich schon früh absondert, nicht daran Theil genommen hat.

Diese Zellenschicht ist die erste Anlage des Darmes, wir nennen sie die *vegetative*

(oder mucöse) Schicht, während wir die äußere, an welcher wir schon so bedeutende Umwandlungen bemerkt haben, die animalische (oder seröse) Schicht nennen.

Um die Art und Weise des Verhältnisses dieser beiden Schichten zur Bildung des thierischen Körpers deutlicher zu begreifen, ziehen wir nunmehr den untern Theil des Dotters mit in unsere Betrachtung. Derselbe besteht längst, wie wir wissen, aus Zellen und kann hinsichtlich seines Verhältnisses zu dem bisher verfolgten obern Theil so bezeichnet werden: daß er von dem mittlern Theil desselben (durch die oben erwähnte Höhle) getrennt ist, während der Rand des obern Theiles auf dem untern ruht.

Indem nun zwischen den Zellen der Peripherie des untern Theiles gegenseitig ein festerer Zusammenhang sich bildet, zugleich auch diese Zellenschicht mit dem Rande des obern Theils des Keimes in eine solche festere Verbindung tritt, während die mehr nach Innen gelegenen Zellen des untern Theiles an dieser Organisation keinen Antheil nehmen, so wird es nun eben so wichtig, zwischen dem äußern und innern, als zwischen dem obern und untern Theile des Dotters zu unterscheiden. Denn die peripherischen Zellen des untern Theiles, da sie sich mit dem Rande des obern sowohl als unter sich in Verbindung gesetzt haben, vervollständigen dadurch den Keim zu einer hohlen geschlossenen Gestalt. Der obere Theil des Keimes war in eine innere und äußere Schicht zerfallen. Die äußere Schicht hatte die Centraltheile des Nervensystems und die Chorda dorsalis aus sich gebildet, sie erschien als die Rückenwand des Leibes. Indem diese nun an ihrem Rande sich verbindet mit der peripherischen Schicht der Zellen des untern Theiles, so ist letztere natürlich als untere Leibes- oder als Bauchwand anzusehen.

Die innere Schicht des obern Theiles steht alsbald ebenfalls mit einer Zellenschicht des untern Theils in Verbindung, welche ebenso eine Auskleidung der Bauchwand, wie jene eine Auskleidung der Rückenwand ist.

Der Keim besteht also gegenwärtig aus zwei Hohlkugeln, deren äußere der innern dicht anliegt. Die äußere hat sich stellenweise (der Rückenwirbelsäule, besonders aber dem Kopfe entsprechend) bedeutend verdickt; die innere bietet solche Entwicklungen nicht dar. Sie enthält einen Antheil Dotterzellen, welche an der Organisation nicht Theil genommen haben, auch nicht in ähnlicher Weise wie die übrigen daran Theil nehmen werden. Diese innere oder vegetative Schicht soll, wie gesagt, den Darmkanal vorstellen. Das ist also ein Darmkanal, der weder Mund- noch Afteröffnung hat, und dabei eben so weit, aber auch eben so kurz ist, als die Rumpfhöhle, in welcher er sich befindet, so daß er dieselbe, ohne irgend eine Windung zu machen, ausfüllt, man möchte sagen, auskleidet.

Da nun später sich noch manchfaltige Organe: Lungen, Leber, Nieren, Geschlechtstheile u. s. w. neben dem Darme in der Höhle des Rumpfes befinden werden, so ist es offenbar, diese müssen auf der Grenze der beiden Zellenschichten entstehen. Wir werden sehen, daß sich von mehreren mit Bestimmtheit sagen läßt, daß sie von der einen oder der andern derselben auswachsen.

Wie bildet sich aber aus dem gegenwärtigen Darme, welcher mehr den Namen eines Schlauches als eines Kanales verdient, der spätere Darmkanal, welcher weit enger, zugleich aber auch länger ist, als die ihn enthaltende Höhle des Rumpfes?

Man könnte sich vorstellen, daß dieser Schlauch sich allmälig zusammenzöge in allen Dimensionen, außer derjenigen, welche der Länge des Thieres entspricht. Letztere müßte vielmehr wachsen; der Darm würde durch seine Verengerung Platz genug gewinnen, sich in der Rumpfhöhle gewunden zu lagern.

Ganz so geht jedoch diese Veränderung nicht vor sich, sondern es geht die Umwandlung der Schlauchform in die Röhrenform von zwei Stellen aus und schreitet von da langsam über den ganzen Schlauch fort. Diese beiden Stellen sind das spätere Vorder- und Hinterende des Darmes: das erste wird der Schlundgegend entsprechen (die Mundhöhle bildet sich erst später hinan, wie wir sehen werden), das zweite dem After. Besonders früh deutlich

Fig. 356.



Längsdurchschnitt durch den Leib eines Froschembryo, mit Rückensaite, Herz und beginnender Darmbildung.

ist aber der Beginn der Darmbildung vom vordern Ende aus. Hier zeigt sich bald ein kurzes Röhrchen, nach vorn geschlossen, nach hinten in den weiten Darmschlauch übergehend, also gleichsam wie ein Zipfelchen von der übrigen schlauchförmigen Masse hervorragend. Diesem vordern Ende des Darmes entsprechend haben sich die Wandungen des Rumpfes theils verengt, theils verdickt, so daß dieß Darmröhrchen wohl eng umschlossen bleibt.

Zu den Seiten und nach vorn von diesem Darmanfange, unter dem Kopfende des animalischen Systems, begeben sich nun wieder schon frühzeitig merkwürdige Umbildungen, welche die Entstehung der Kiemenbögen und des Gesichtes zur Folge haben. Diese Kiemenbögen, welche auf eine eben so merkwürdige Weise wie die Rückensaite die Verwandtschaft sämmtlicher Wirbelthiere unter einander bezeichnen, werden zuerst bemerkbar als zwei Paar symmetrische Wülste, welche jederseits am vordern Ende der Frucht vom Schädel herabsteigen. Diese bilden sich nicht zu eigentlichen Kiemenbögen aus, werden bald wieder äußerlich undeutlich, während in ihrem Innern sich die ursprüngliche Skeletanlage des Unterkiefers und des Zungenbeins ausbilden. Der Grund, weßhalb wir sie dennoch zum Systeme der Kiemenbögen rechnen, liegt in Beobachtungen an anderen Thieren, deren Embryonen durchsichtiger sind. Diese zeigen nämlich in dieser Gegend nicht nur ein Paar solche Bögen, sondern in jedem derselben auch eine kurze Zeit hindurch einen Gefäßbogen. Bei den Fröschen bildet sich bald hinter ihnen jederseits eine Wulst, auf welchem die Kiemenblättchen hervorwachsen, durch Linien getrennt, welche von oben nach unten herabsteigen und später als Spalten in den Anfang des Darmrohres eindringen, welcher hier, wie wir gesehen, eng von den Wänden des animalischen Leibes eingeschlossen wird. Die Kiemenbögen und Kiemenspalten liegen zu dieser Zeit also, wie sie bei einem Knochenfische liegen würden, wenn man dessen Kiemendeckel entfernt hätte, nach Außen ganz frei. Hinter und zwischen diesen Kiemenanlagen bildet sich innerlich das Herz, welches auch hier ohne Zweifel, wie bei anderen Wirbelthieren, zuerst ein einfacher, ziemlich großer Kanal ist, welcher auf dem vordersten Theile der Bauchwand und unter dem vordern Theile des Darmes liegt. Das hintere Ende des Herzens ist das aufnehmende oder venöse, das vordere das arterielle. Aus diesem tritt ein Gefäß und zerfällt nach beiden Seiten in die Kiemengefäßbögen, welche, nachdem sie in den Kiemenbögen aufgestiegen sind, oben unter der Rückenwand des Leibes wieder zu der nach hinten laufenden Aorta zusammentreten.

Der Stamm der Kiemengefäße, wie er aus dem Herzen hervortritt, ist der sogenannte bulbus aortae oder die Herzzwiebel, welche bei den höheren Wirbelthieren später bald schwindet, während sie bei nackten Reptilien und Fischen bleibt.

Daß anfänglich der aufnehmende Theil, der hintere am Herzen ist, während doch später der Vorhof oder die Vorhöfe, welche sich aus ihm entwickeln, mehr nach vorn liegen, als der Ventrikel oder die Ventrikelmasse, geht so zu, daß das Herz sich zusammenkrümmt, indem der hintere Theil über den vordern sich hinüberschiebt. Dabei wird namentlich der ursprünglich vordere oder Ventrikeltheil, indem er sich gleichzeitig bauchig erweitert und in seinen Wandungen verdickt, so zusammengeschoben, daß seine Vorhofsmündungen mit der arteriellen Oeffnung ganz nahe zusammenrücken. Die innere Trennung der einfachen Röhre, welche ja bei den homöothermen Thieren so weit geht, daß der aufnehmende Theil des Herzens aus zwei gänzlich von einander innerlich getrennten Vorhöfen, der austreibende aus zwei eben so von einander geschiedenen Kammern besteht, geschieht durch Bildung innerlicher Scheidewände, während zugleich das erst röhrenförmige Herz immer weiter wird.

Ehe wir zur Betrachtung der übrigen Eingeweide des Leibes zurückkehren, fügen wir hier

noch Einiges über die Entwicklung des animalischen Leibes ein. Dieser hat sich allmälig merklich verändert aus seiner ursprünglichen Gestalt, welche der Form des Dotters entnommen und somit der Kugelgestalt sehr nahe war. Die Veränderungen beruhen theils darauf, daß der Kopftheil der animalischen Leibesschicht sich stärker entwickelt und sich dadurch aus dem rundlichen Umrisse, welchen die erste Anlage zeigt, hervorhebt, theils auf dem Auftreten des Schwanzes, welcher erst als ein Höckerchen am entgegengesetzten Ende sich zeigt und dann immer deutlicher von der Kugel auswächst. Dabei verliert auch der Rücken des Embryo, welcher, dem Umrisse des Dotters entsprechend, zuerst nach Außen convex war, diese Krümmung, wird selbst etwas concav. Nun haben wir Kopf, Rücken und Schwanz des Thieres vor uns, und der Bauch, welcher weniger seine ursprüngliche Gestalt ändert, ist gleichsam ein unter dem Rücken befestigter Kugeltheil. Doch streckt auch dieser sich für eine Zeit mehr in die Länge, eine Form, welche jedoch wieder vorübergehen soll, um auf längere Zeit einer andern, ebenfalls vergänglichen, Platz zu machen.

Fig. 357.



Froschembryo.

Ueber die weitere Umbildung des Kopfes wird später bei Gelegenheit der Entwicklung höherer Thiere noch das Wichtigste mitgetheilt werden.

Fassen wir nun kurz die Hauptzüge der Entstehung der Organe in der Leibeshöhle zusammen.

Der Darmkanal bildet sich aus dem Darmschlauche mehr und mehr hervor, indem die zipfelförmigen Anfänge, welche das Vorder- und Hinterende des Kanales vorstellten, immer mehr sich verlängern auf Kosten der Wandung des Schlauches, so daß dieser absolut und noch mehr relativ immer kleiner wird. Wir können der Vergleichung mit anderen Thieren halber den Schlauch als einen Dottersack und zwar als einen inneren Dottersack bezeichnen.

Von dem vorderen Theile des Darmkanales aus bilden sich die L u n g e n. Es scheint nach den Beobachtungen Einiger, daß dieselben zuerst als zwei kleine Wärzchen an der Außenfläche des Darmrohres sich zeigen. Die Stelle, wo sie auftreten, wird dadurch als das vordere Ende der Speiseröhre oder als der Schlund bezeichnet, denn hier finden wir auch späterhin den Zusammenhang zwischen dem Darmrohre und den Athmungswerkzeugen. Dieser Zusammenhang wird aber später durch ein unpaares Vermittlungsglied, Stimmlade oder Luftröhre, gebildet. Dieses soll sehr bald zwischen den Lungenandeutungen an der unteren Seite des Darmes als eine kleine Masse sich zeigen, welche sich mit den Lungenanlagen in Verbindung setzt. Da der Ort, an welchem diese Bildung auftritt, dicht hinter den Kiemengefäßbögen ist, so entwickeln sich von hier aus Gefäße für die Lungen. Wie sich diese später zu dem Aortensysteme verhalten, darüber ist im Kapitel vom Kreislaufe des Blutes das Wesentliche mitgetheilt worden.

So wie die Lungen sich vom Darmrohre aus entwickeln, auf eine ähnliche Weise geschieht dieß auch mit der Leber und der Bauchspeicheldrüse, wenigstens bei vielen Wirbelthieren. Ob aber gerade beim Frosche die Leber ganz ebenso entsteht, mag fraglich bleiben. Bei manchen anderen aber, bei welchen diese Entwicklung beobachtet worden ist, bildet die Leber ursprünglich einen kleinen Auswuchs der unteren Darmwand, welcher anfänglich sich völlig symmetrisch zeigt. Erst später wächst dieselbe mehr nach einer Seite hin und verliert die Symmetrie. Der Zusammenhang mit dem Darme löst sich bis auf den Gallengang, welcher also, ungeachtet seiner Zartheit im Vergleiche zu dem großen Organe, welchem er dient, wohl als Stamm desselben bezeichnet werden kann.

Die Bauchspeicheldrüse entsteht natürlich in unmittelbarer Nähe der Leber, mit deren Ausführungsgange ja später der ihre so nahe zusammenliegt.

Durch die Entstehung dieser Organe ist ein neuer Anhaltspunkt gewonnen, indem wir wissen, daß der M a g e n nun vor denselben sich bilden muß, da diese beiden Ausführungs-

gänge sich in den Dünndarm einsenken. Die Beobachtung über die Entstehung des Magens hat an höheren Thieren gelehrt, daß auch er ursprünglich eine völlig symmetrische Gestalt besitzt, als eine einfache Erweiterung der betreffenden Darmstelle. Es zeigte sich dann bei der Hervorbildung seiner besonderen Form, daß der später gegen das Hinterende des Leibes gewandte Rand des Magens, die sogenannte große Curvatur, der Linie entspricht, welche der Magen ursprünglich gegen die Wirbelsäule nach oben gekehrt hatte. Es gehen also bedeutende Lagenveränderungen sowohl als Formänderungen an diesem Theile vor sich. An den ersteren nimmt auch die Milz Theil, da sie sich zwischen Magen und Wirbelsäule im Mesenterium oder Mesogastrium bildete und der Seite des Magens, welcher sie zugekehrt ist, bei der Wendung derselben folgt.

Sehen wir nun ab von der Bildung der Harn- und Geschlechtstheile, von welcher weiterhin erst bei den höheren Thieren die Rede seyn soll, um den eigenthümlichen Bildungsgang dieser Theile ganz im Zusammenhange darstellen zu können, so haben wir die wichtigsten Theile des Körpers jetzt schon vor uns.

Aus der äußeren oder animalischen Zellenschichte des befruchteten Dotters ist der animalische Leib des Thieres geworden: die Wandung der Rumpfhöhle, der Kopf, der Schwanz. Es haben sich hierin die Centraltheile des Nervensystems, die Grundlage der Wirbelsäule gebildet; es entsteht zugleich in dieser Leibeswand das Muskelgewebe in seiner bestimmten Anordnung aus einer Umwandlung von Zellen. Am Kopfe sind Gesichtstheile und Sinneswerkzeuge angelegt (wovon später).

Aus der inneren oder vegetativen Schichte hat sich der Darm gebildet und von ihm aus die Lunge, die Leber. Der Darm, welcher anfänglich die Leibeswand wie ein kurzer, weiter Schlauch auskleidete, hat sich, indem er die Kanalform annahm, von der Leibeswand entfernen müssen, mit Ausnahme seines hinteren und vorderen Endes, an welchen durch einen Durchbruch der beiden Schichten die vordere und hintere Oeffnung des Darmrohres sich bildet. Bei dieser Entfernung ist aber zwischen ihm und der Mittellinie der Rückenwand des Leibes ein Zusammenhang geblieben, welcher sich zum Mesenterium ausbildet.

Das vordere Ende des Darmes bleibt von der animalischen Schichte noch umfangen. Hier bilden sich Spalten durch beide Schichten hindurch, die Kiemenspalten. Hinter dieser Stelle, zwischen Darm und Leibeswand, unterhalb des ersteren, entsteht das Herz. Sobald es durch Verflüssigung in seinem Inneren hohl wird, beginnt es langsame Bewegungen. Alsbald sehen wir es in Zusammenhang mit zu- und abführenden Gefäßen, es bewirkt einen Kreislauf. Die abführenden Gefäße treten aus seinem vorderen Ende, verlaufen in den Kiemenbögen, den Brücken zwischen den Kiemenspalten, nach oben und vereinigen sich unter der Rückenwand des Leibes zu einer nach hinten führenden Aorta.

Ist eine solche Entwicklungsstufe eben erreicht, so ist die geringe Quantität von Dotter schon ganz zum Aufbau des Thieres verwandt und es muß dasselbe, noch kaum fähig sich zu bewegen, sich schon anschicken, seine Nahrung durch willkürliche Thätigkeit zu sich zu nehmen. Dazu sind aber verschiedene begünstigende Umstände nöthig. Zu diesen gehört vor Allem die Entwicklung der Kiemenrespiration, indem von den Kiemenbögen aus erst kleine Höckerchen sich erheben, welche bald in die Länge wachsen und sich verästeln, buschförmige Kiemen bilden, in welchen Blut der Kiemenbögen circulirt und den nöthigen Austausch von Kohlensäure erleidet. Die Lungen sind in der ersten Zeit nach dem Auskriechen aus dem Ei noch nicht geeignet, Luft aufzunehmen, ebensowenig, als das Thierchen schon im Stande ist, sich an die Oberfläche des Wassers zu erheben. Durch diese Entwicklung eines Respirationsapparates zeichnen sich die Kiemenbögen der nackten Reptilien vor denen aller höheren Wirbelthiere aus. Auch bei diesen gibt es überall auf einer Stufe der Entwicklung Kiemenbögen, aber es entwickelt sich keine weitere Organisation zur Vermittlung einer

Athmung daran. Wenn man sie Kiemenbögen nennt, so ist damit ein Urtheil über ihre Lage, eine morphologische Wahrheit, aber keineswegs eine Ansicht über eine Funktion ausgesprochen.

Das Fröschchen hat nun ferner an seinem noch sehr eigenthümlich geformten Gesichte ein paar längliche, nach unten gekehrte Gruben bekommen, deren es sich als Saugnäpfe bedient. Es ist zwar aus dem gallertartigen Ueberzuge hervorgekrochen, in welchen der Dotter eingeschlossen war, hält sich aber mittelst dieser Sauggruben noch an dem Reste dieser Gallerte fest und scheint sich davon zu ernähren. (Bei den Tritonen treten an die Stelle dieser Saugnäpfchen ein Paar dünne, lange Auswüchse, welche ebenfalls fähig zu seyn scheinen, das Thierchen an Gegenständen festzuhalten.)

Fig. 358.



So sieht man zu dieser Zeit den Laich eines Frosches ganz bedeckt von den kleinen, noch sehr kurzschwänzigen Larven, deren Bewegungen sich darauf beschränken, daß sie sich bald links bald rechts krümmen, gleichsam um ihre Muskeln einmal zu versuchen.

Sobald aber die Kiemen und der Schwanz sich etwas mehr ausgebildet haben, fangen die Larven an, diese Station zu verlassen. Sie erheben sich an die Oberfläche des Wassers, um auch Luft zu athmen, und suchen ihre Nahrung. Jetzt findet man an ihren Kiefern eine schnabelartige Bewaffnung, mit welcher sie sich über Wasserpflanzen hermachen, und dieselben zu benagen scheinen. Der Darm erhält zu dieser Zeit, der vegetabilischen Nahrung gemäß, eine bedeutende Länge, während er später, wo das Thier zur animalischen Nahrung übergeht, relativ kürzer wird. Wir haben in diesem Nahrungswechsel gerade das Gegentheil von dem, was bei Säugethieren so verbreitet ist, da ja letztere, auch wenn sie später Pflanzenfresser werden, als Neugeborene sich doch stets von der animalischen Flüssigkeit ernähren, welche in den Brüsten ihrer Mütter bereitet wird.

Fig. 359.



Außer der Umänderung des Nahrungskanales steht dem Fröschchen nun noch eine große Verwandlung seiner Bewegungs- und Athmungsorgane bevor. Es soll vier Beine erhalten und den Schwanz verlieren, es muß die Kiemenrespiration gänzlich aufgeben und sich auf seine Lungen beschränken.

Die Kiemen werden, längere Zeit bevor sie verschwinden, auf eine Weise eingeschlossen, welche an den Kiemendeckel der Fische erinnert. Hier ist und bleibt dieser Kiemendeckel aber nur eine Hautfalte. Diese wächst von der Gegend vor der ersten Kiemenspalte aus nach hinten über die Kiemen hinüber, entwickelt sich jedoch auch unterhalb dieser Gegend, so daß der Kiemenapparat beider Seiten sich mit einer einzigen Tasche umhüllt, deren Rand immer weiter nach hinten rückt und endlich hinter der Kiemengegend wieder mit der Außenfläche des Körpers zu verschmelzen beginnt. Während diese Bedeckung der Kiemenbögen vor sich geht, fangen die Kiemenbüschel an zu verwelken und es bilden sich gleichzeitig von den Kiemenbögen aus kurze neue Kiemen, welche in der Tasche Platz haben. *)

*) Wir ergreifen diese Gelegenheit zu einer Bemerkung über die Auffassung des causalen Zusammenhanges zwischen den einzelnen mit einander harmonirenden Vorgängen in der Metamorphose der Thiere. Es geschieht sehr häufig, daß mit dem Schwinden eines Theiles die Entstehung eines andern, mit dem Vorrücken des einen das Zurückweichen des andern sich verbindet. Hier sucht man nun gar oft einen unmittelbaren causalen Zusammenhang zu constatiren, wo derselbe doch auf keine Weise eine besondere Wahrscheinlichkeit für sich hat. Wenn man sagt, die sich ausbildenden Wirbelkörper verdrängen die chorda dorsalis, die Lunge schiebe das Zwerchfell vor sich her, oder, in dem hier vorliegen-

Die Verwachsung des hintern Randes der Tasche mit der Leibeswand geht bald so weit, daß nur auf einer Seite ein Loch noch übrig bleibt, durch welches das Wasser von beiden Seiten der Kiemenhöhle noch einen Abfluß hat, bis endlich auch dieses schwindet, die Kiemenspalten sich schließen, die respiratorische Gefäßentwicklung an den Kiemenbögen gänzlich verloren geht und das Thier nun ausschließlich Luft athmet.

Fig. 360.



Zu dieser Zeit, wo die Kiemen mehr oder weniger oder auch vollständig überwölbt und eingeschlossen sind, hat das Thier jene eigenthümliche Gestalt, in welcher der Kopf mit dem kugligen Rumpfe zu einer Masse verschmolzen erscheint und die Bewegung des Körpers nur durch den verhältnißmäßig sehr großen und ganz fischartig mit einer obern und untern scharfen Kante versehenen Schwanz geschieht.

Aus dem Rumpfe, auf seiner Grenze gegen den Schwanz hin, sprossen dann zuerst die hinteren Extremitäten hervor und sind schon recht ausgebildet, ehe die vorderen Beine sich

Fig. 361.

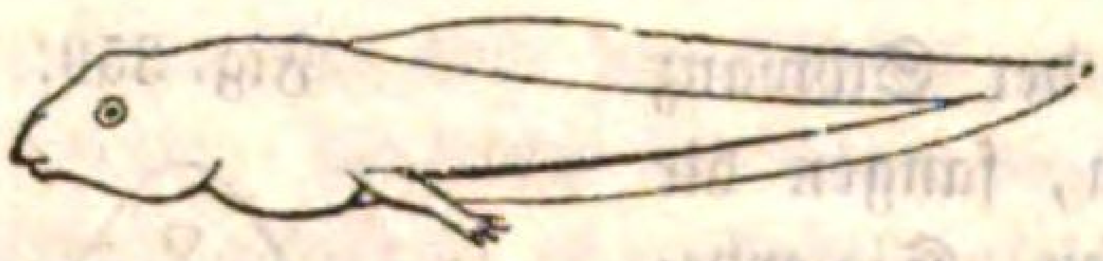
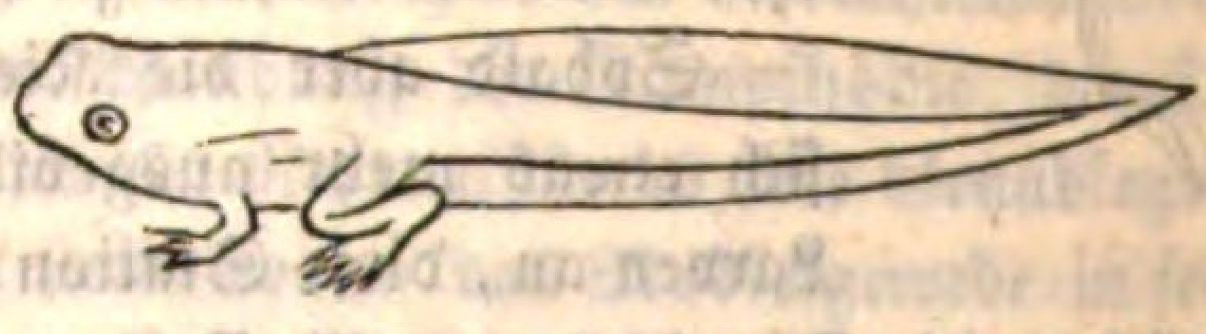


Fig. 362.



zeigen. Doch sind diese weit früher vorhanden, ehe man sie äußerlich bemerkt. Die Stelle nämlich, von welcher aus sie hervorschießen, ist von der vorhin erwähnten Tasche mit einge-

---

den Falle, der Kiemendeckel bewirke die Atrophie der Kiemenbüschel, so lassen wir dergleichen Ausdrucksweisen gelten, so lange sie nichts seyn wollen, als bildlich, eine Versinnlichung des gleichzeitigen Geschehens in zwei sich berührenden Theilen. In dieser Weise werden wir vielleicht hie und da uns ebenfalls ähnlicher Redeformen bedienen. Uebrigens aber, und das müssen wir um so mehr hervorheben, je mehr wir uns über jeden wirklich nachgewiesenen Causalzusammenhang, sey er mechanischer oder anderer Art, freuen und denselben vertreten werden, behaupten wir, daß die bloße Vermuthung eines solchen Zusammenhangs in diesen Fällen einen sehr geringen oder gar keinen Werth habe. Wenn wir den Entwicklungsgang eines thierischen Körpers im Ganzen übersehen, so finden wir der Harmonie, der gegenseitigen Beziehungen so viel, und es liegt dabei die Vermuthung eines unmittelbaren Causalzusammenhangs oft so fern, daß wir eben in sehr ausgedehntem Maaße zu der Formel greifen müssen: diese zwei (oder mehrere) Vorgänge, welche ohne einander zwecklos oder unmöglich wären, von welchen aber dennoch keiner den andern bewirken kann, finden die Ursache ihres gleichzeitigen Auftretens erst in einer höhern, unserer Analyse vorläufig unzugänglichen Instanz des Causalcomplexes, auf welchem der ganze Bildungsproceß beruht; mit anderen Worten, sie haben gemeinschaftliche unbekannte Ursachen. Wer kann sagen, die Bildung der Allantois bewirke die Bildung des Raumes zwischen Amnion, seröser Hülle und Dottersack? Der Raum ist für die Allantois da, aber er entsteht, ehe sie ihn füllt! — Müssen wir aber einem solchen Verfahren einmal eine ausgedehnte Geltung zugestehen, so werden wir den einzelnen Ausnahmen von demselben, so lange sie nicht auf besseren Gründen als bloßem Meinen beruhen, keinen Werth beilegen können. Die wissenschaftliche Einfachheit gewinnt bei solchen Vermuthungen nichts, und nicht selten hat man sich dergleichen selbst da erlaubt, wo die größte Wahrscheinlichkeit dagegen spricht. Wird aber eine solche direkte Abhängigkeit zweier Bildungsvorgänge von einander in irgend einem Falle nachgewiesen, so werden wir uns gern beeilen, derselben den Werth der Thatsache, der Wahrheit zuzugestehen. Ohne Zweifel gibt es auch schon einzelne wohlbegründete Causalverbindungen dieser Art. Wir erinnern uns der Einwirkung, welche der Beginn der Lungenathmung auf die Richtungen der Blutbewegung, den Verschluß des foramen ovale und des ductus arter. Bot. haben muß. — Begreiflicher Weise bezieht sich überhaupt das Gesagte nur auf die Festgebilde, auf deren gleichzeitiges Entstehen, oder das Zusammentreffen von Wachsen des einen, Vergehen des andern. Die Flüssigkeiten dagegen sind, was ihre Bewegungen betrifft, durchaus bestimmbar. Wenn wir sagen, daß der Dotter bei dem Haifische in den innern Dottersack tritt durch Zusammenziehen des äußern, so sind wir gewiß in unserm Rechte, so gut, als wenn wir die Blutbewegung vom Herzen ableiten. Weder Blut noch Dotter laufen von selbst.

B.

Fig. 363.



Fig. 364.



schlossen, so daß sie in den Raum derselben hineinwachsen, um dann plötzlich, mit einer Zerreißung dieser Haut, schon weit ausgebildet zum Vorschein zu kommen. Der Schwanz wird während dieser Zeit relativ und absolut kleiner, besteht noch eine Zeit, während das Thier schon fähig ist, am Lande umherzuhüpfen, als ein Stummelchen, und vergeht dann allmälig ganz.

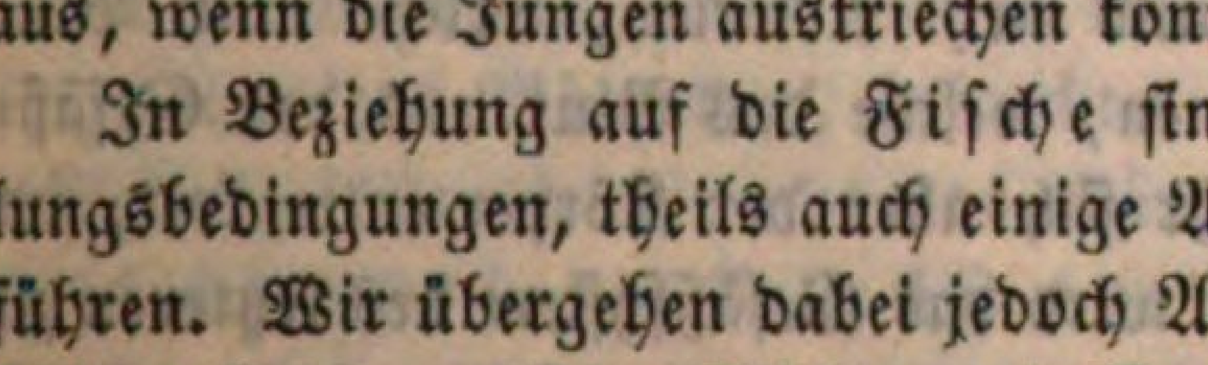
An diese kurze Darstellung, welche vom Frosche und mehr oder weniger von anderen ungeschwänzten Batrachiern gilt, schließt sich leicht ein Blick auf die übrigen nicht beschuppten Reptilien. Sie stellen in mancher Hinsicht solche Entwicklungsstufen bleibend dar, welche die Schwanzlosen nur vorübergehend durchleben. Dieß bezieht sich namentlich auf Extremitäten, Schwanz und Athmungswerkzeuge. Die Salamander beschränken sich, wie die Frösche, auf die Luftathmung, aber ihre Kiemen schwinden, ohne vorher eingehüllt zu seyn. Sie behalten den Schwanz und zwar die sogenannten Wassersalamander sogar einen hohen, von den Seiten abgeplatteten Schwanz. Die Ausbildung der Extremitäten erfolgt bei ihnen nicht wie bei den Fröschen; es sind hier die vorderen, welche den hinteren vorangehen. Die übrigen haben fast sämmtlich den hohen Schwimmschwanz und dabei zum Theil sehr schwache Beine (Proteus), auch selbst deren nur zwei (Siren), womit sie dann auch eine zum Gehen ungeeignete dünne gestreckte Körperform verbinden. Sie besitzen zum Theil Löcher am Halse als Reste der Kiemenspalten oder einer Kiemenspalte, zum Theil behalten sie funktionirende Kiemen ihr Leben hindurch. Diese Gattungen, zu welchen die beiden eben genannten gehören, sind dann natürlich völlig ungeeignet, das Wasser je zu verlassen.

Abweichend ist von diesen die Cöcilia, welche keinen Schwanz hat, aber auch keine Extremitäten bekommt, sich schlangenartig mit ihrem dünnen gestreckten Leibe bewegt und dabei (wenigstens längere Zeit hindurch) ein Loch am Halse behält.

Bei den Batrachiern werden sehr gewöhnlich die Eier in's Wasser gelegt, als Laich, und die Jungen kommen so ohne weitere Sorge der Alten im Wasser aus. Der Laich kommt in zwei Schnüren aus den Eileitern und einige Batrachier stoßen diese Schnüre nicht auf einen Haufen aus, wie die Frösche, sondern bewegen sich beim Eierlegen fort und ziehen so die Schnüre über Wasserpflanzen u. s. w. Bei den Geburtshelferkröten wickelt das Männchen die Eier, wie sie hervorkommen, sich um die Hinterbeine und kriecht dann damit in feuchte Löcher. Bei Pipa werden die Eier auf dem Rücken des Weibchens getragen, woselbst sich zu dieser Zeit Vertiefungen bilden, in welchen der Laich festsitzt. Die Tritonen machen keinen Laich, sondern legen die Eier einzeln, indem sie dieselben in zusammengeknickte oder verklebte Blätter von Wasserpflanzen schieben. Der gefleckte Salamander stößt seine Eier erst aus, wenn die Jungen auskriechen können.

In Beziehung auf die F i s c h e sind theils einige Besonderheiten der äußeren Entwicklungsbedingungen, theils auch einige Abweichungen in der Bildung des Körpers selbst anzuführen. Wir übergehen dabei jedoch Alles, was sich aus den bekannten anatomischen Verschiedenheiten zwischen Fischen und Reptilien von selbst versteht, wohin namentlich die Unterschiede in den Athmungswerkzeugen und den Organen des Blutkreislaufes gehören. Doch ist das wohl bemerkenswerth, daß man bei den Plagiostomen in einer frühen Zeit ihrer Entwicklung eine ähnliche Büschelform der Kiemen beobachtet hat, als bei nackten Reptilien. Später verkürzen sie sich, ziehen sich in die Kiemenspalten zurück und werden durch Kiemen von der bleibenden Form ersetzt.

Fig. 365.



Ein Verhältniß, in welchem gewisse Fische von den nackten Reptilien (so weit wir deren Entwicklung genau kennen) abweichen, ist die Bildung eines Dottersackes, welcher hier besonders deßhalb ge-

nannt werden muß, weil er bei höheren Wirbelthieren wieder in anderer Weise vorkommt; auch erhält der Dottersack bei manchen Haifischen eine besondere physiologische Wichtigkeit.

Stellen wir uns einen Embryo vor, welcher auf dem Dotter sich in derselben Weise gebildet hat, wie es vom Frosche geschildert worden ist, nur mit dem Unterschiede, daß er kleiner im Verhältniß zu seinem Dotter seyn soll, als dort. Es hat sich die Rückenwand des Leibes geformt, mit den Organen, welche sie einschließt. Die vegetative Schicht, unterhalb der animalischen, hat im vordern und hintern Ende des Rumpfes den Anfang eines Darmes gebildet, während der mittlere Theil desselben noch nichts als ein unförmlicher Schlauch ist.

Wenn nun die Zellenschicht, welche die Bauchwand vorstellen soll, entweder noch nicht um den ganzen Dotter sich entwickelt hat, oder nur sehr zart ist, so wird dieser Dotterschlauch entweder noch ganz frei aus der nach unten offenen Rumpfhöhle hervorhängen, oder es wird sich die Zellenschicht, welche die Bauchwand vorstellt, dem Darmgebilde und Darmdottersack enger anschließen müssen. Diese Leibeswand bildet dann also, so weit sie den schon geformten Darm einschließt, eine Leibeswand im engeren Sinne, während der Ueberzug, welchen sie über den Dotterschlauch bildet, gleichsam ein Bruchsack ist.

Fig. 366.



Längsschnitt eines Fisches, mit Dottersack und Darm, Rückensaite, Herz.

Wo nun des Dotters viel ist, da spinnt sich in der Leibeshöhle der Darm immer weiter aus, wächst von vorn nach hinten und von hinten nach vorn, ohne daß dabei der Dotter so besonders kleiner würde. Nur sein Zusammenhang mit dem Darm wird durch diesen Vorgang immer kleiner, bis zuletzt das hintere und vordere Ende des Darmes sich einander erreicht haben und nur durch eine einfache Oeffnung mit dem Darmdottersacke noch offen zusammenhängen. Indem der Zusammenhang so klein geworden ist, gewinnt er die Form eines Stieles. Die Leibeswand hat sich zugleich immer weiter consolidirt und ist bis auf die Oeffnung, welche dieser Stiel erfordert, geschlossen, hier aber hat sie die Aussackung, welche dem Stiele und Dottersacke zum Ueberzuge dient. Dieser Bau des Embryo, wobei derselbe also in einem Anhangsgebilde seines Darmes eine bedeutende Menge von Nahrungsstoff besitzt, ist nun stets mit einer bedeutenden Gefäßentwicklung am Dottersacke verbunden. Ja in den frühesten Stufen der Gefäßbildung solcher Thiere ist ihr ganzer Blutkreislauf kaum etwas Anderes, als daß Venen das Blut von der Oberfläche des Dotters zum Herzen führen, von welchem aus es dann wieder durch die Kiemenbögen in die Aorta und von dieser durch zwei starke Aeste in das auf dem Dotter ausgebreitete Gefäßnetz zurückgeführt wird. (Näheres über die Anordnung dieses Gefäßnetzes auf dem Dotter späterhin, bei der Entwicklung der Vögel.) Nur allmälig entwickeln sich mehr und mehr Arterien, welche auch Blut in den kleinen Körper des Thieres vertheilen, und Venen, welche das Blut aus den Gefäßnetzen des Körpers zum Herzen zurückführen. Je mehr sich aber der Körper entwickelt, im Verhältniß zur Größe des Dottersackes, um so mehr wird das Gefäßsystem des letzteren zu einem untergeordneten Gliede des Ganzen. Es ist leicht begreiflich, da der Dottersack zunächst ein Anhang des Darmes ist, daß die Gefäße desselben allmälig nur als Aeste der größer werdenden Darmarterien und Venen erscheinen.

Sie haben nun auch offenbar, so lange Dotter im Dottersacke enthalten ist, ganz dasselbe zu leisten, was später Funktion der Darmblutgefäße ist: Nahrungsstoff aufzunehmen und in den Körper des Thieres zu führen. Dieser Zweck wird um so kräftiger erreicht, als nicht bloß die Blutgefäßnetze sich in einer einfachen Schicht um den Dotter herum entwickeln, sondern die zarte Haut, in welcher sie verlaufen, auch mehr oder weniger bedeutende Falten oder Hervorragungen in die Dottermasse selbst hineintreibt, in welcher sich ebenfalls starke Gefäße ausbilden.

Eben diese bedeutenden Gefäßentwicklungen vollziehen nun aber bei gewissen Haifischen

(Prionodon, Scoliodon, Mustelus) noch eine andere sehr merkwürdige Funktion. Bei diesen Thieren, welche ihre Eier in einer Gegend des Eileiters, welche man Uterus nennt, austragen, legt sich nämlich ein Theil der Wand des Dottersackes eng an die Wand dieser Höhle an. Die berührte Stelle dieser Höhle wird ebenfalls sehr gefäßreich, und indem so die Blutgefäße der Mutter und der Frucht in innige Berührung mit einander kommen, geht ohne Zweifel ein Austausch von Stoffen zwischen ihnen vor sich, welcher das Blut der Frucht mit Nahrungsstoffen bereichert. Wir können gewiß annehmen, daß hier wesentlich dasselbe vor sich geht, wie in der Placenta (Mutterkuchen, Fruchtkuchen) der Säugethiere. Man hat daher auch diesen Apparat bei den Haifischen eine Placenta genannt. Mit Recht aber bezeichnet man sie specieller als eine Dotterplacenta, um sie von der Placenta der Säugethiere zu unterscheiden, an welcher nicht der Dottersack, sondern ein anderes Organ sich betheiligt, welches den Fischen wie den nackten Reptilien fehlt.

Wo sich bei Fischen ein Dottersack findet, wird nun aber nicht etwa der Inhalt desselben bis zum Auskriechen des Thieres nothwendig gänzlich von den Blutgefäßen aufgenommen. Bei dem Schleimfische gleitet der kleiner gewordene Dotter in die Bauchhöhle, was wir auch bei den Vögeln regelmäßig finden werden. Bei den Haifischen wandert der Dotter allmälig aus dem Dottersacke in einen neu entstehenden inneren Dottersack hinüber. Man denke sich nur, daß die beiden Häute des Dottersackes sich allmälig im stärkeren Verhältnisse zusammenziehen, als die Menge des Dotters sich vermindert und daß an dem Stiele des inneren Blattes des Dottersackes, so weit dieser Stiel in der Leibeshöhle liegt, sich eine Aussackung bildet, welche ihren Platz zwischen Darm und Leibeswand nimmt, so wird der Dotter allmälig durch den Stiel in diesen inneren Dottersack hinübergetrieben werden. Die geborenen Fische sind meist den erwachsenen schon sehr ähnlich. Doch hat man bei einigen noch merkliche Verschiedenheiten der Flossen, der Proportionen des Kopfes u. s. w. beobachtet.

Die äußeren Verhältnisse, unter welchen sich die Fischeier entwickeln, sind mehrfach ganz eben so, wie bei den nackten Reptilien. Sehr gewöhnlich werden namentlich die Eier als Laich gelegt. Dabei bemerkt man mehrfach jedoch eine bedeutende Sorgfalt in der Wahl des Ortes. Manche Fische sollen Löcher wählen, andere ihre Eier unter Steinen verbergen. Der männliche Gasterosteus spinachia bildet aus Pflanzentheilen, Sand u. dgl. ein Nest mit kugelförmiger Höhle und einer Oeffnung. Die Bestandtheile des Nestes werden zusammengeleimt, indem das Thier mit dem Bauche auf den hingelegten Materialien reibt. Es ist wahrscheinlich, daß dabei nicht der Schleim der Haut, sondern eine aus den Geschlechtstheilen stammende Flüssigkeit den Leim bildet. Wenigstens weiß man, daß auch bei anderen Fischen Flüssigkeiten aus den Geschlechtstheilen kommen, welche in Berührung mit Wasser erstarren. Von oben wird das Nest mit Steinen bedeckt. In das Loch treibt das Männchen nacheinander die Weibchen, deren Eier es befruchten will. Hat ein Weibchen seine Eier abgelegt, so folgt ihm das Männchen, befruchtet und ordnet die Eier und bessert das Nest aus. Ist dasselbe gefüllt, so bewacht das Männchen seinen Eierschatz, führt durch seine Bewegungen frisches Wasser in das Nest, öffnet an demselben mehr und mehr Löcher u. s. w., bis endlich die Jungen auskommen.

Von anderen Fischen ist es bekannt, daß sie bedeutende Wanderungen unternehmen, um ihre Eier abzulegen. So gehen ja bekanntlich die Lachse, welche sonst Seebewohner sind, zu diesem Zwecke weit in die Flüsse hinauf.

Manche Fische, namentlich verschiedene Knorpelfische, jedoch auch einige unter den Knochenfischen, tragen ihre Eier in sich aus, und selbst der Aal soll dieß thun, wiewohl die Eier bei ihm nur in der Bauchhöhle selbst sich entwickeln können, da die Geschlechtskanäle ihm fehlen. Bei dem Schleimfische (Blennius viviparus) kommen die Eier im Eierstocke aus, so daß dessen Höhle gleichsam auch als Uterus dient. Selbst die ausgekrochenen Jungen verweilen noch einige Zeit in dieser Höhle und ernähren sich von der daselbst gebildeten Flüssigkeit, während sie zugleich ihren in den Leib übergegangenen Dottersack völlig verbrauchen.

Eigenthümlich, jedoch an das Eiertragen der Pipa erinnernd, sind die verschiedenen Arten, in welchen bei Syngnathen für die Eier gesorgt wird, indem dieselben bei einigen dieser schlanken Fische unter dem Bauche der männlichen Thiere angeklebt werden, bei anderen dagegen in einer zur Brunstzeit entstehenden Rinne unter dem Schwanze auskommen.

Bei vielen Plagiostomen, besonders den eierlegenden, haben diese eine ganz andere Beschaffenheit, als bei allen anderen Fischen. Jeder Dotter bekommt nämlich auf seinem Durchgange durch eine bestimmte Stelle des Eileiters einen harten Ueberzug von abgeflachter, vierkantiger und vierzipfliger Gestalt. Man könnte sagen, wie ein Kissen, von dessen vier Winkeln aus sich noch lange Fäden ausgezogen hätten. Diese fadenartigen, jedoch ziemlich derben Verlängerungen sind lockenartig gekrümmt und werden zum Festhängen des Eies an Seepflanzen dienen. Die Schalen öffnen sich für den Austritt des Jungen auf einer Kante.

Das Wenige, was wir über die teleologischen Beziehungen des Eierlegens und Austragens der Eier bei den Fischen und nackten Reptilien zu sagen haben, bezieht sich auch auf die beschuppten Reptilien, unter welchen gleichfalls beide Fälle vorkommen. Es ist so viel klar, daß viele von den eierlegenden Thieren eine so große Menge von Eiern gleichzeitig zur Reife bringen, daß sie dieselben in sich gar nicht austragen könnten, ohne zu einer unförmlichen Masse für längere Zeit aufzuschwellen. Auch wissen wir, daß die im Wasser gelegten Eier einen gewissen Wechsel des sie berührenden Wassers nöthig haben. Es findet ohne Zweifel ein gewisser Stoffaustausch (Respiration) schon sehr früh statt, welcher bei dicht zusammengeballten Eiermassen im Leibe des Mutterthieres unmöglich seyn würde. Diese Thiere müssen also nothwendig Eier legen. Dabei gehen aber sicher immer viele von den zahlreichen Eiern zu Grunde. Thiere, welche ihre Eier in sich austragen, können es nicht zu so ungeheuern Anzahlen der Eier bringen. Dagegen sind ihre Eier besser geschützt. Wir erkennen hierin also zwei verschiedene Wege der Natur, durch welche Thierarten erhalten und zugleich in Schranken gehalten werden. Jene umkommenden Eier fallen aus der Species heraus, um anderen Thieren (als Nahrung) zu dienen.

Gehen wir nun von den nackten Reptilien und Fischen aufwärts zu den beschuppten Reptilien, Vögeln und Säugethieren über, so bleiben sehr viele Grundzüge der Entwicklung immer dieselben. Verschiedene Modificationen jedoch treten auf und namentlich tritt zu dem, was wir bis jetzt kennen, manches Neue hinzu.

Wir wollen hier zunächst uns hauptsächlich an das Ei der Vögel wenden, da es im Allgemeinen Jedem bekannt ist und die Entwicklung gerade des Hühnchens im Ei unter allen Thieren am meisten untersucht, und besonders durch Pander's und v. Bär's berühmte Forschungen zur Grundlage der Entwicklungsgeschichte der Wirbelthiere geworden ist.

Ein Punkt, welcher sogleich unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nimmt, sobald wir die Entwicklung der Vögel betrachten, ist das äußere Schicksal ihres Dotters. Während bei den Fischen und Reptilien derselbe bald in einer schützenden Hülle gelegt, bald in der Mutter selbst ausgetragen wird, in manchen Fällen auch die Frucht erst längere Zeit in der Mutter und dann außerhalb derselben im Eizustande sich ausbildet, wird bei den Vögeln ohne alle Ausnahme das eben befruchtete Ei mit einer Kalkschale umhüllt ausgestoßen. Es geschieht dieß hier selbst mit größerer Consequenz, als bei den Säugethieren sich in der innern Brütung der Eier offenbart. Wir sehen, wie man mit Recht bemerklich gemacht hat, auch hierin wieder einen von den Zügen, durch welche es möglich geworden ist, den Körper des Vogels so compendiös und leicht zu machen. Wir müssen aber hinzufügen, daß auch nur der Vogel sich leicht die Menge Nahrung schafft, welche erforderlich ist, um in kurzer Zeit eine Mehrzahl von Eiern mit dem Material zu versehen, welches die Jungen während der Brütung bedürfen. Das Säugethier würde bei seiner geringern Beweglichkeit weit mehr Mühe haben, um den nöthigen Stoff in so kurzer Zeit zu schaffen. Dagegen schadet dem Säugethiere eine etwas verwickeltere Organisation, es schadet ihm die Schwangerschaft mit einer Mehrzahl von Jungen nicht so sehr, während es für den Vogel sehr wichtig ist, einen etwas compen-

diöseren Geschlechtsapparat zu besitzen und jedes einzelne Ei, sobald es hinreichend ausgestattet ist, ablegen zu können. Je größer die Anzahl der Eier, um so größer natürlich der Vortheil dieser Einrichtung.

Wir wissen schon, daß auf dem großen Dotter des Vogels sich bald nach der Befruchtung nur ein ganz kleines dünnes Häutchen aus neu entstandenen Zellen bildet. Diese Keimhaut wendet sich alsbald immer nach oben, und indem das Eiweiß über derselben sich verdünnt, hebt sich der leichtere Dotter durch dasselbe hindurch, es kommt mithin die Keimhaut der äußeren Eischale sehr nahe, fast nur durch die dünne Dotterhaut davon getrennt.

Ganz wie bei dem Froschdotter bilden sich hier auf der Keimhaut der Primitivstreif, die Furche, die Rückenplatten, der Schluß derselben über der Furche, welche den Raum für Gehirn und Rückenmark darstellt, die Chorda dorsalis u. s. w. — Zugleich mit diesen Vorgängen wächst nun allerdings der Rand der Keimhaut weiter, so daß dieselbe einen immer größeren Theil des Dotters umgibt. Indessen ist nur das innere oder vegetative Blatt dazu bestimmt, auf so einfache Weise allmälig den Dotter fast ganz zu umwachsen, während das animalische, also die Fortsetzung des Randes des nach dem Dotter zu noch ganz offenen Rumpfes, einen complicirteren Bildungsgang nimmt.

Einerseits nämlich zieht sich, allerdings ähnlich wie bei den Fischen mit Dottersack, dieses animalische Blatt unter den vorhin genannten Theilen der Frucht allmälig zusammen, um, sowie der Darm sich von vorn und von hinten zu bilden beginnt, denselben in eine Rumpfhöhle zu schließen. Der übrige oder äußere Theil des Blattes bleibt dabei aber nicht durchaus auf dem Theile des vegetativen Blattes liegen, welcher den Dotter überzieht. Vielmehr fängt dieser äußere Theil des animalischen Blattes bald an, sich rings um den kleinen Körper der Frucht in Form einer Falte zu erheben, welche immer höher wird und sich dann allmälig über dem Rücken der Frucht zusammenzieht. So wird diese von einer eigenthümlichen Hülle, dem Amnion, umgeben, welche durch das Fortschreiten der eben angedeuteten Vorgänge immer vollständiger wird. Einerseits zieht sich der Rand der Leibeswand immer mehr unter dem Thiere zusammen, und da das Amnion die nach Außen umgeschlagene Fortsetzung dieser Leibeswand ist, so wird dabei auch das Amnion immer mehr unter die Frucht gezogen. Hat sich zuletzt die Oeffnung der Leibeswand bis zu einem ziemlich engen Nabel verkleinert, so ist die Frucht auch von unten fast ganz vom Amnion verdeckt. Auf der andern Seite schnürt sich der Rand der Falte über dem Rücken der Frucht bald so zusammen, daß hier nur eine kleine Oeffnung bleibt; und selbst diese schließt sich sehr früh, so daß es keinen Eingang in das Amnion mehr gibt. Ehe dieser Schluß erfolgt, läßt sich aber von dem Rande der Falte an nach Außen über das Amnion und weiterhin über den Dotter, die ebenfalls sehr dünne Fortsetzung des animalischen Blattes verfolgen, deren äußerster Theil wieder dem Dotter dicht anliegt. Ist nun das Loch im Amnion zum völligen Schlusse gekommen, so löst sich auch jene Fortsetzung davon ab und bildet somit eine einfache Hülle um Amnion, Frucht und Dotter, welche man die seröse Hülle genannt hat. — Das Ganze dieser Vorgänge läßt sich also noch einmal in kurzen Worten so zusammenfassen: Der mittlere Theil des animalischen Blattes, den eigentlichen Embryo darstellend, bildet eine Höhle (Leibeshöhle) durch Zusammenkrümmung nach unten; die weitere Fortsetzung schlägt sich als Amnion um diesen Theil herum nach oben, und von da aus geht um den ganzen Dotter wieder abwärts der äußerste Theil, eine dritte weiteste Höhle bildend. Man könnte dieß ungefähr nachahmen, wenn man in einem Stücke Zeug um einen Mittelpunkt zwei von einander etwa gleich weit entfernte kreisförmige Schnirren anlegte. Durch Zusammenziehen der ersten entstünde der Leibesnabel und ein Beutel, welcher dem Körper des Thieres entspräche. Die zweite Schnirre

Fig. 367.



würde, oben über diesem Beutel zusammengezogen, das Amnion schließen und der äußerste Theil des Zeuges würde dann als seröse Hülle wieder das Vorige bedecken. — Wenn diese seröse Hülle gebildet ist, geht die Dotterhaut, welcher sie von Innen anliegt, allmälig verloren. Das Amnion überzieht erst den Körper der Frucht sehr eng; später dringt mehr und mehr Flüssigkeit in dasselbe, so daß dann die Frucht frei im liquor Amnii schwimmt.

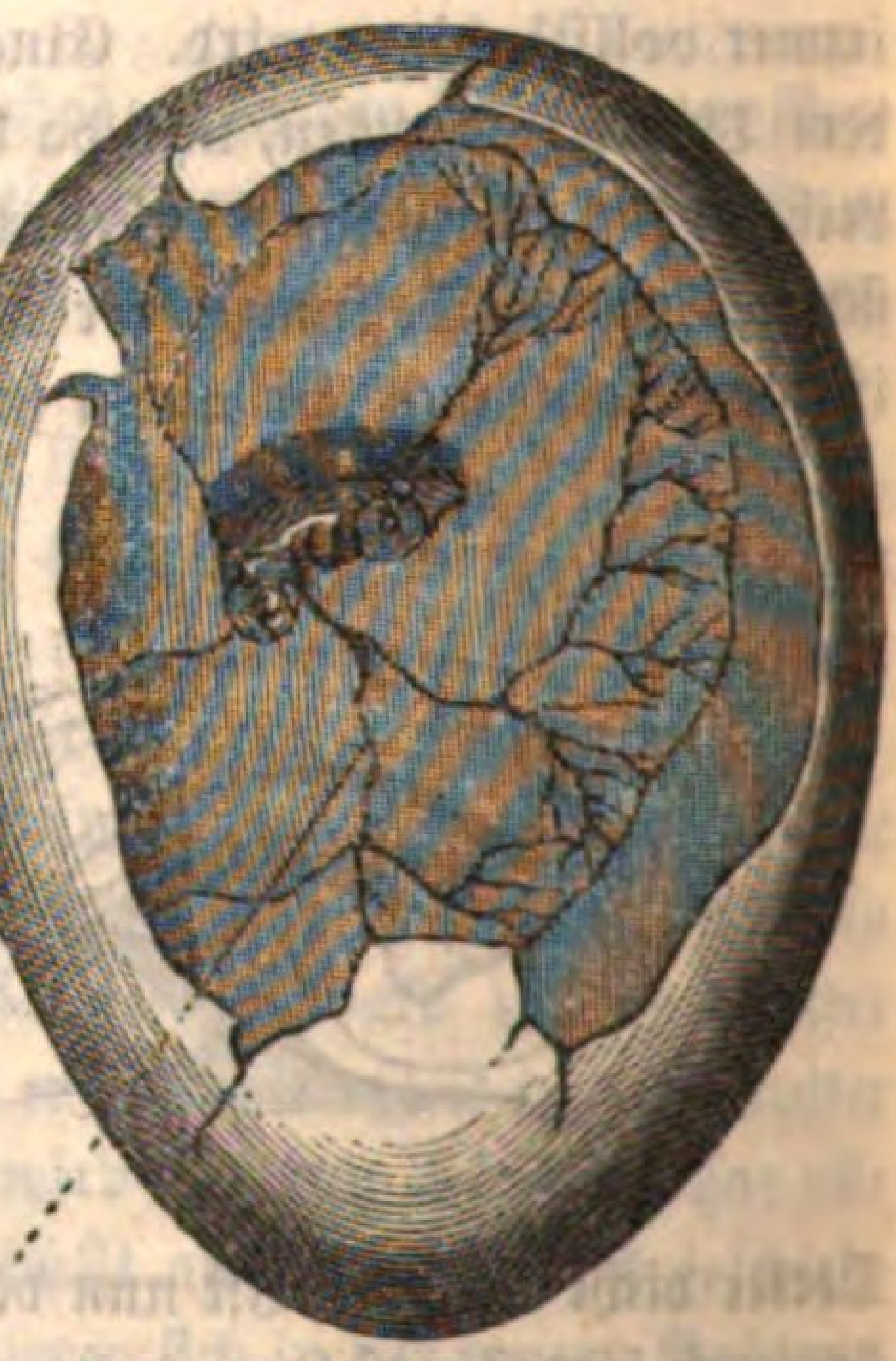
Diese Vorgänge sind bei Säugethieren und Reptilien wesentlich dieselben, wie bei Vögeln. Das Amnion schließt sich über der Frucht besonders bei Säugethieren früh, wenn die Leibeshöhle derselben noch kaum anfängt sich zu bilden.

Diese Bildung des Amnion hat eine innige Beziehung zur Bildung der sogenannten Allantois, einer andern Eigenthümlichkeit, welche sich auf denselben Kreis von Wirbelthieren beschränkt, wie das Amnion.

Ehe wir jedoch auf dessen Entwicklung eingehen, noch einige Worte über das Verhältniß der Keimhaut zum Dotter.

Derselbe Umstand, welcher schon den bisher beschriebenen Vorgängen einen eigenthümlichen Charakter aufdrückte, die anfängliche relative Kleinheit der Keimhaut, ist auch bei der Bildung der Gefäße auf dem Dotter wohl zu berücksichtigen. Da bei dem ersten Auftreten der Gefäße die Keimhaut erst einen kleinen Theil des Dotters bekleidet, so können auch die auf dem Dotter sich bildenden Gefäße, welche aus einer Umwandlung von Zellen der Keimhaut hervorgehen, nur erst im Umkreise des kleinen Fruchtkörpers entstehen. Hier zeigt sich nun, wenn wir von oben auf den Dotter sehen, wobei die Frucht in der Mitte auf demselben liegen wird, eine dunkle, annäherungsweise kreisförmige Linie im Umkreise des Embryo. Innerhalb derselben bilden sich netzförmige Zeichnungen. Bald erscheint nun jene begrenzende Linie als ein venöses Gefäß (Sinus terminalis) und die netzförmigen Zeichnungen als ein Gefäßnetz, und man nennt daher das durch den Sinus terminalis begrenzte Feld den Gefäßhof, Area vasculosa. Dotterarterien und Dottervenen führen das Blut vom Herzen (zunächst von der Aorta) aus in dieses Gefäßsystem und von demselben zurück zum Herzen. Die Dotterarterien sind, wie schon vorhin bemerkt wurde, zwei Aeste, welche unter der Chorda dorsalis des Thieres rechtwinklig von der Aorta ausgehen und anfänglich fast alles Blut des Hauptgefäßes aufnehmen. Sie führen dasselbe in die Gefäßnetze des Gefäßhofes, aus welchen es ferner in den Sinus terminalis übergeht. Von diesem kehrt es zum Herzen zurück durch einige Venen, welche theils vom vorderen (dem Kopfende der Frucht entsprechenden), theils vom hinteren Ende dieses Gefäßkranzes aus gegen das Hinterende des Herzens hinlaufen.

Fig. 368.



Geöffnetes Hühnerei.

Der Rand des Gefäßhofes ist links noch vom Bruchrande der Eischale bedeckt, während er größtentheils zu sehen ist. Von den Gefäßen sind nur die bedeutenderen angegeben Der Anblick in der Natur ist weit reicher.

Wir haben gleich Anfangs bemerklich gemacht, daß die Keimhaut der Schale des Eies sehr nahe liegt. Oeffnen wir ein liegendes Vogelei von oben, so haben wir in der That stets die Keimhaut sogleich vor uns. Folglich ist auch der Gefäßhof der Schale nahe und es ist nicht undenkbar, daß schon jetzt ein sehr geringer Austausch von Kohlensäure und Sauerstoff, eine Respiration, durch die Gefäße vermittelt zu werden beginnt. Die poröse Eischale ist völlig geeignet, einen solchen Vorgang zu vermitteln. Indessen kommen wir auf die embryonale Respiration, welche später entschieden durch ein anderes Gefäßsystem bewirkt wird, noch wieder zurück.

Der Gefäßhof wird nun aber immer mit raschen Schritten größer, indem die Keimhaut

überhaupt immer weiter über den Dotter fortrückt. Der Sinus terminalis bildet stets die Grenze des Gefäßhofes, er muß größer und größer werden, bis er wie ein Aequator den Dotter umzieht. Von da an nimmt dann sein Umfang natürlich wieder ab, wie er auf die dem Embryo entgegengesetzte Seite des Dotters übergeht, bis er endlich, dem Embryo gegenüber, wieder nur einen ganz kleinen Kreis bildet. Bis zum völligen Verschwinden geht aber diese Verengerung nicht, auch wird der Terminalsinus zu dieser Zeit unbedeutender.

Die Ausbreitung des Gefäßhofes geht übrigens nicht ganz so rasch vor sich, als die Ausbreitung der Keimhaut selbst. Wenn der Gefäßhof zuerst zu erkennen ist, so sieht man ihn nach Außen umgeben von einer blaßgelben Zone, welche andeutet, daß hier schon Zellen auf dem Dotter gebildet sind. Erst jenseits dieser Zone zeigt der Dotter ganz seine eigenthümliche, etwas dunklere Färbung. Diese Zone geht der Ausbreitung des Gefäßhofes rasch voran, bis sie, früher als dieser, den Dotter überzogen hat. Man hat ihr den Namen des Dotterhofes beigelegt.

Mit dem Namen des Fruchthofes hat man dagegen den mittelsten Theil der Keimhaut bezeichnet, in welchem, vom Gefäßhofe umgeben, der Körper des Embryo selbst sich bildet.

In allen diesen Vorgängen scheint eine große Aehnlichkeit zwischen den Vögeln, beschuppten Reptilien und Säugethieren sich zu finden. Bei den letzteren ist allerdings die Untersuchung unendlich viel schwieriger, nicht nur weil die Dotter so sehr klein sind, sondern auch, weil dieselbe jedesmal die Oeffnung eines Thieres und ein mühsames Aufsuchen der Eier in den Geschlechtstheilen voraussetzt. Indessen, wie fast alle irgend bedeutenden Leistungen in der Entwicklungsgeschichte der Wirbelthiere seit langer Zeit von deutschen Forschern ausgegangen sind, so hat sich auch in diesem Punkte ein deutscher Physiologe, Th. L. W. Bischoff, das unvergängliche Verdienst erworben, allen Schwierigkeiten zum Trotz, die wesentliche Analogie in den frühesten Entwicklungsvorgängen auch bei den Säugethieren nachzuweisen.

Verschieden ist dagegen das Schicksal des Dottersackes bei den Säugethieren einerseits, den Vögeln und beschuppten Reptilien andererseits.

Bei den letzteren nämlich ist der Dotter noch ziemlich ansehnlich, während der Darm schon völlig gebildet, ja das Thier schon zum Auskriechen reif ist. Der Dotter nimmt selbst eine Zeit lang während der Entwicklung an Größe zu, wobei ohne Zweifel das Eiweiß an Material verliert. Nun ist längst vor der Reife der Frucht der Stiel, durch welchen Dottersack und Darm zusammenhängen, kein hohler Kanal mehr, sondern nur noch ein Faden. Die Nahrung aus dem Dottersacke kommt also dem Thiere nur durch die Gefäße zu Gute, welche an diesem Sacke selbst sich verbreiten.

Soll nun das Thier bei der Geburt diesen Antheil von Nahrungsstoff nicht verlieren, so muß der Dottersack selbst durch den Nabel in die Leibeshöhle hineinrücken. Ehe dieß geschieht, befindet er sich in einiger Entfernung von der Nabelöffnung des Leibes, so daß selbst die Stelle des Darmes, an welcher der Dottersack noch durch einen Faden befestigt ist, in Form einer Schlinge durch diese Oeffnung hervorgezogen ist. Diese Schlinge zieht sich nun allmälig zurück, der Dottersack folgt ihr, beginnt in die Nabelöffnung zu treten und findet sich schließlich ganz in der Leibeshöhle, wie der innere Dottersack der jungen Plagiostomen. So findet man ihn noch bei dem Vogel, welcher schon das Ei verlassen hat.

Bei den Säugethieren dagegen ist das ursprüngliche Dottermaterial sehr gering, der Dottersack, oder wie man ihn hier (ehe man seine Entwicklung sicher kannte) auch genannt hat: die Nabelblase, gewöhnlich schon früh sehr klein im Verhältniß zur Frucht, welche von anderen Seiten her Nahrung bekommt. So schließt er sich denn auch schon sehr früh von dem Darme ab, es spinnt sich der Faden zwischen beiden sehr lang aus und die Nabelblase wird bei der Geburt des Thieres in den Eitheilen (Nachgeburt) zurückgelassen.

Uebrigens ändert sich ihre Form bei manchen Thieren sehr, ja sie wächst bei einigen

Säugethieren noch bedeutend. Dabei ist aber ihr Inhalt mehr wässeriger Art und eine besondere Funktion desselben ist nicht bekannt. —

Verfolgen wir nunmehr die Bildung und Schicksale der Allantois, einer Blase, welche verschiedene wichtige Funktionen zu versorgen oder einzuleiten hat.

Vergegenwärtigen wir uns die Frucht im Ei des Vogels, in welcher der vordere und hintere Anfang des Darmes eben angelegt ist. Der Leib derselben ist noch weit offen und der Rand dieser Oeffnung schlägt sich als Amnion über die Frucht zurück.

Jetzt keimt aus dem hintern Ende dieser Leibeshöhle, also von der Gegend aus, wo das hintere Darmende sich zu bilden beginnt, eine Blase hervor und tritt aus der Oeffnung des Unterleibes heraus. Nach der bisher beschriebenen Lage der Theile erkennt man, daß durch die Bildung des Amnion, durch die damit verbundene Entfernung des animalischen Blattes vom vegetativen, ein Raum entsteht, in welchem diese rasch heranwachsende Blase sich ausbreiten kann (vgl. Fig. 367). Sie umwächst innerhalb der serösen Hülle mehr oder weniger das Amnion und den Dottersack. Indem nun bald auch das Eiweiß theils abnimmt, theils von den sich ausdehnenden Fötalgebilden in größerer Ausdehnung verschoben wird, kommt dieser Sack, die Allantois, mit seiner nach Außen gekehrten Fläche in nahe Berührung mit der Eischale, und beginnt sich fest an dieselbe anzukleben.

Von der Stelle her, wo diese Blase aus dem Unterleibe hervorkam, hat sie Blutgefäße in ihrem Wachsthume gleichsam immer mitgenommen. Feine Aortenäste, welche sich in den Hinterleib des Thieres hinein gebildet hatten, geben Aestchen an die Allantois. Wie dieselbe heranwächst, werden die Gefäße größer und größer und gehören nach kurzer Zeit zu den bedeutendsten Gefäßstämmen des Thieres. Sobald nun die Allantois beginnt sich der äußern Eischale anzulegen, werden die Gefäßnetze gerade an diesen Stellen dicht, während die Theile der Allantois, welche mit inneren Eitheilen in Berührung stehen, mehr nur Gefäßstämme besitzen.

Es ist also offenbar, daß diese Gefäßentwicklung eine Beziehung zur Außenwelt haben muß, welche keine andere seyn kann, als daß sie eben für die Athmung bestimmt ist. Auch hat es die neuere Zeit wohl unzweifelhaft dargethan, daß die Eier der Vögel eine Veränderung der sie umgebenden Luft bewirken, wie es athmende Thiere thun. Natürlich wird aber die Quantität des absorbirten Sauerstoffes, der gebildeten Kohlensäure, eine geringe seyn, da das bedeutende Motiv des Stoffumsatzes, welches wir in den eigentlich animalischen Thätigkeiten gefunden haben, erst ganz allmälig eintritt und eigentlich erst bei der Geburt einigen Umfang gewinnen kann.

Es scheint die Athmung bei den Thieren, welche eine kalkhaltige Eischale besitzen, auch in Verbindung mit der Bildung der Knochen gesetzt werden zu können. Es ist sicher, daß die Knochen eines auskriechenden Hühnchens weit mehr Kalk enthalten, als in dem eigentlichen Eiinhalte zu finden war, und es weist der Umstand, daß die Kalkschale der Eier gegen Ende der Bebrütung brüchiger wird, andererseits darauf hin, daß eben die Kalkschale des Eies zur Ernährung der Knochen beitragen möge. Dafür spricht auch noch, daß die Knochen solcher sehr jungen Thiere wenig phosphorsauren, dagegen im Vergleich mit den Knochen älterer Thiere, mehr kohlensauren Kalk enthalten sollen. Gerade diese letztere Kalkverbindung können sie aber aus der Schale erhalten und es ist denkbar, daß der Kalk der Schale, durch die kohlensäurehaltige Flüssigkeit aufgelöst, als doppeltkohlensaurer Kalk in das Blut tritt und bei seiner Verwendung zur Knochenbildung wieder einen Theil seiner Kohlensäure verliert.

Während sich so der am weitesten nach Außen gelegene Theil der Allantois zu einer wichtigen Funktion ausbildet, wird ihr Anfangstheil oder Stiel, welcher sich im Unterleibe befindet, relativ und absolut unbedeutender. Seine Funktion ist fast erfüllt, indem die Allantois die äußere Eischale erreicht hat, es haben nur noch die Gefäße Werth, welche an dem Stiele verlaufen, und diese bleiben bis zur Geburt.

Diese Gefäße sind nun die eigentlich sogenannten Nabelgefäße. Sie befinden sich neben den Dotternabelgefäßen, in der Oeffnung des Leibes, bis der Dottersack in die Leibeshöhle geschlüpft ist. Dann zieht sich der Nabel eng um die Allantois- oder Nabelgefäße zusammen und schnürt dieselben bei der Geburt ab, so daß die Allantois im Ei zurückbleibt. Die Stämme der Gefäße im Unterleibe ziehen sich dann zusammen und schwinden allmälig, wie auch der Stiel der Allantois.

Dieser Stiel übrigens ist sehr frühzeitig mit den Harnwerkzeugen in Verbindung zu sehen, deren Entwicklung später noch dargestellt werden wird. Wir wollen deßhalb hier nur erwähnen, daß der fötale Harn durch den Stiel in die Allantois eintritt, und somit wohl ihr Anschwellen und Wachsen eben durch die Sekretion des Harnes unterstützt wird. Die Allantois hat daher auch den Namen des Harnsackes. Bei den Säugethieren und beschuppten Reptilien, welche eine Harnblase besitzen, geht nun auch der Stiel der Allantois nicht verloren. Das hintere Ende desselben wird vielmehr Harnblase. — Hier müssen wir auch der nackten Reptilien noch einmal Erwähnung thun. Wir haben sie mit den Fischen zusammengestellt, als Thiere ohne Amnion und Allantois, und haben ferner gezeigt, wie bei der Bildung des Amnion eben der Raum entsteht, in welchen die Allantois hineinwachsen muß. Trotzdem haben wir indeß auch den nackten Reptilien eine Art von Allantois zuzuschreiben, welche aber gerade darin von der wahren Allantois der höheren Wirbelthiere sich unterscheidet, daß sie sehr klein bleibt, deßhalb auch keine Oeffnung nöthig hat, aus welcher sie hervorwächst. Die Aufgabe der Allantois erschöpft sich hier in der Bildung eines Receptaculum urinae, einer Harnblase. Die Genese dieses Gebildes ist wie die der Allantois; in ihren anatomischen Verbindungen stimmt sie wesentlich mit der Harnblase der beschuppten Reptilien überein.*) Daß sie sich nicht weiter ausbildet, steht unter anderen in engster teleologischer Verbindung damit, daß die nackten Reptilien so früh das Ei verlassen und durch Kiemen athmen. Es stehen diese Thiere deßhalb in Wahrheit den höheren Wirbelthieren näher, als es nach der obigen Darstellung hat scheinen können. Daß die Harnblase der Fische anders gelagert ist, als bei den übrigen Wirbelthieren, ist an seinem Orte gezeigt worden. Wir sehen hier eine tiefere Bedeutung dieser Thatsache ein. —

Während der Entwicklung des jungen Vogels ist natürlich unter dem Einflusse der Brutwärme ein Theil des flüssigen Eiinhaltes verdunstet. Der Raum, welcher dadurch entsteht, muß in dem starren Ei des Vogels wieder ausgefüllt werden, und dieß geschieht durch Luft, welche durch die Kalkschale hindurch, zwischen die Blätter der biegsamen innern Schale tritt und sich an dem einen Ende des Eies ansammelt, den sogenannten Luftraum bildend, welcher vom Anfange der Brütung bis zu ihrem Ende immer größer wird.

Hat sich nun neben den beschriebenen Vorgängen der Körper des Vogels so weit ausgebildet, daß er die Eischale verlassen darf, ist diese dabei brüchiger geworden, so sprengt derselbe endlich sein Gefängniß mittelst des Schnabels und es kommt ihm hiebei natürlich der Luftraum sehr zu Statten, da er bis auf diesen nun das Ei fast ausfüllt, und keine Bewegung würde machen können, wenn nicht wenigstens dieser Raum vorhanden wäre. Auf dem Schnabel junger Vögel bemerkt man ein später verloren gehendes hartes Höckerchen, welches das Sprengen der Eischale erleichtern wird. Bei gewissen Vögeln (so beim Puter) bemerkt man auch eine Mithülfe des Brutvogels zum Zerbrechen der Schale.

Die Lebensbedingungen, in welche der ausgekrochene Vogel eintritt, beruhen nun auf der Sorgfalt, welche die Eltern theils früher aufgewandt haben, theils nun anzuwenden beginnen, und stehen in Harmonie mit den Bedürfnissen, dem Entwicklungsgrade des jungen Thieres u. s. w.

Es ist bekannt, daß fast alle Vögel durch ein bald sehr künstliches, bald auch einfacheres

---

*) Man sieht also, wie wenig Gewicht die von Marcusen neuerlich gegen die morphologische Uebereinstimmung der Harnblase und der Allantois beigebrachten Gründe haben. L.

Nest für ihre Eier und Jungen sorgen, jene brütend, diese wärmend, fütternd, beschützend. Daß sich in dieser Hinsicht die Vögel so sehr auszeichnen, hängt damit zusammen, daß sie homöotherm und dabei eierlegend sind. Weßhalb sie so durchweg Eier legen, dafür haben wir einen teleologischen Grund oben kennen gelernt. Da sie zugleich homöotherm sind, so haben einerseits ihre Eier das Bedürfniß einer hohen Temperatur zu ihrer Ausbildung, andererseits sind die Eltern im Stande, den Eiern dieselbe mitzutheilen unter gewissen günstigen Bedingungen, zu welchen namentlich in der Regel das warme Nest gehört. Indessen ist der Grad von Sorge verschieden, je nachdem die äußeren Umstände mehr oder weniger günstig sind und die Jungen selbst, wenn sie auskommen, mehr oder weniger sich zu schützen vermögen.

Bei Vögeln, welche unter sehr heißen Himmelsstrichen legen, kann der Bau eines Nestes und selbst das Brüten unter Umständen überflüssig werden. Der zweizehige Strauß scharrt nur ein Loch in den Sand für seine Eier und kann es großentheils der Sonne überlassen, diese großen sehr starken Eier im Sande auszubrüten. Andere Vögel scheinen auch selbst von der Wärme chemischer Zersetzung für ihre Eier Gebrauch zu machen, indem sie dieselben in Haufen faulender vegetabilischer Substanzen einbetten (die Megapodiden in Neuholland und auf den hinterindischen Inseln).

In der Regel aber ist das Nest ein mehr künstlicher Bau, bei dessen Anlage theils Sicherheit, theils weiche Lagerung, theils Beschränkung der Wärmeleitung mehr oder weniger berücksichtigt sind, während der Leib des Vogels selbst die Wärmequelle ist. Die Stellen, mit welchen der Vogel seinen Eiern aufliegt, werden manchmal zur Brütezeit nackt (Brutflecken) und sehr blutreich, so daß sie zu bedeutender Wärmeabgabe fähig sind.

Mit der gleichmäßigen Temperatur dieser Wärmequelle hängt es zusammen, daß die Entwicklung der Vögel sich in den verschiedenen Arten ähnlich an bestimmte Zeiten bindet, wie bei den Säugethieren, und weit mehr als bei den Reptilien u. s. w. Denn bei allen pökilothermen Thieren, mögen ihre Eier in der Mutter oder außerhalb derselben sich entwickeln, ist es die schwankende äußere Temperatur, welche den Entwicklungsgang unterhält, so daß derselbe je nach Sonnenschein und Luftwärme ein schnellerer oder langsamerer ist.

Von der unendlichen und so höchst interessanten Mannchfaltigkeit, welche bei den Vögeln im Nestbau, in der Pflege der Eier und Jungen sich zeigt, erlauben wir uns nur einige Andeutungen.

Die **Wahl des Ortes** für das Nest ist nach den besonderen Bedürfnissen und Gelegenheiten vielfach abgeändert: in Bäumen und Büschen nisten überall sehr viele Vögel; Colibri's hängen nicht selten ihr Nest an einzelne Blätter, manche dringen in Astlöcher, arbeiten sich auch wohl mühsam in den Stamm der Bäume ein (die Spechte in der Regel), während wieder andere unzugängliche Felsenplätze, oder Spalten und Höhlen in Felsen, oder Erdlöcher, auch wohl selbstgewühlte (Uferschwalben, Merops, mehrere Eisvögel, Opetiorhynchus cunicularius) oder Sümpfe, oder endlich auch den flachen Boden oder irgend eine mäßige Vertiefung wählen. Auch die menschlichen Wohnungen bieten ja manchen den willkommenen Platz zur Anlage des Nestes. Bei dieser Wahl ist bald mehr die Berücksichtigung der geschützten Lage, bald die Bequemlichkeit der Ernährung vermögend, bald sprechen auch noch andere Umstände mit, wie z. B. der für seine ganze Lebensweise wichtige meißelförmige Schnabel des Spechtes es ihm zugleich möglich macht, Baumlöcher auszuarbeiten. Das Nest liegt oft sehr unzugänglich (durch Fels, Sumpf, dorniges Gebüsch, Aufhängung an dünnen Zweigen u. s. w.), oft sehr versteckt, während manchmal die Sicherheit desselben mehr durch sein unscheinbares, von der Umgebung nicht leicht zu unterscheidendes Aeußere gewährt wird; bei manchen Vögeln aber sind andere Rücksichten so überwiegend oder ihr Naturell so zuversichtlich, daß sehr geringe Mühe darauf verwandt wird, das Nest gegen Feinde zu sichern. Inwiefern eine Beziehung zwischen dem Entwicklungsgrade der auskriechenden Jungen und der Oertlichkeit des Nestes zu erkennen ist, werden wir sogleich sehen.

Eben so manchfaltig und auf vielen verschiedenen Rücksichten beruhend, ist die Wahl des Materials für das Nest. Wir können an demselben sehr häufig einen äußern Bau und eine Füllung unterscheiden. Aber es hängt auch schon von der Wahl des Ortes mit ab, ob ein besonderer Außenbau aufgeführt werden muß. Wird am flachen Boden oder in Erdlöchern oder in hohlen Bäumen u. dgl. gebaut, so vertreten diese Höhlungen schon die Stelle eines anderweitigen Baues. Muß derselbe aber construirt werden, so dienen dazu sehr gewöhnlich gröbere vegetabilische Materialien, Reiser u. dgl., oder es wird auch plastische Erde, feuchter Thon benutzt, wie von Schwalben, einigen Certhien (Sitta), den sogenannten Töpfervögeln (Opetiorhynchus), deren Nest sogar ein Vorzimmer besitzt (wenigstens bei O. rufus). Ja die Salangane baut ihre berühmten Nester aus einem Leime, welchen sie aus vorher verschlucktem Seetang producirt.

Ein Gegenstand unserer gerechten Bewunderung ist die Kunst des Baues und der Aufhängung des Nestes mancher Vögel. Wir geben hieneben zunächst die Abbildung eines Nestes von weniger auffallender, aber sehr sorgfältiger Bauart, wie es der Distelfink anlegt (Fig. 369). Berühmt durch ihre Eigenthümlichkeit sind aber manche andere. Die Schneidervögel (Fig. 370) und einige andere Sylviden zeichnen sich ganz besonders durch die Kunst aus, Blätter zusammenzunähen, um dahinein ihr Lager zu betten; die Sylvia tertrix baut sich ein retortenförmiges Nest; die Rohrmeisen hängen ein beutelförmiges Nest an Schilfstengeln, andere (z. B. die Beutelmeisen, der Pirol, die Nectarineen) an einzelnen Zweigen auf. Sehr merkwürdig scheint auch die Aufhängung der kleinen Nester der Sylvia pensilis zu seyn. Figur 371 stellt das Nest der Fringilla (Ploceus Cuv.) philippina vor.

Fig. 369.



Fig. 370.



Fig. 371.



Das Innere des Nestes oder das eigentliche Lager wird dann mit feineren und weicheren Gegenständen, und zwar sehr häufig mit Haar, Federn, Wolle von Thieren oder auch zarten Pflanzentheilen zubereitet und es zeigen die Vögel, wenn auch jede Art ihr Nest im Ganzen nach einem bestimmten Typus und oft mit sehr bestimmtem Vorzuge gewisser Materialien baut, dennoch nicht selten auch viele Fähigkeit, sich nach den Umständen zu richten, das Material zu gebrauchen, was sich ihnen gerade darbietet u. s. w. Beispiele, wie manchmal ein sehr leicht sich darbietender Stoff benutzt wird, bietet die Unterlage aus feinen Spänen, welche der Specht wählt, und die zarten Fischgräten, auf welche gewisse Eisvögel ihre Eier betten.

Im Ganzen wird man sehr natürlich finden, daß die Feinheit der zum Nestbau verwandten Materialien

im Verhältniß zur Größe der Thiere steht, so daß selbst Spinnengewebe, von kleineren Vögeln vielfach in der Construction der Nester benutzt, bei Kolibri's gelegentlich zur Hauptmasse des ganzen Baues wird. Außer den sehr begreiflichen Ursachen, weßhalb die kleineren Vögel überall keine gröberen Materialien benutzen, ist auch wohl einzusehen, weßhalb die größeren sehr gewöhnlich selbst das innere Lager weniger sorgfältig bauen, da ja schon die kleineren Eier der kleinen Vögel einen vollständigeren Schutz gegen die Kälte verlangen für die Augenblicke, in welchen sie von den Brutvögeln verlassen werden. So finden wir bei vielen größeren Vögeln (z. B. schon unter den hühnerartigen), daß sie ein Loch am Boden nur mit einigem Laube füllen, oder auch selbst dieß noch unterlassen, während manche kleine Vögel nicht nur die trefflichsten Materialien, sondern auch wohl in ganz ungemeiner Masse zusammen bringen, und häufig ihre Nester auch überwölben oder Stellen wählen, welche von Natur schon von oben her geschützt sind. So bauen die kleinen Goldhähnchen ein ungemein wohlverwahrtes, warmes Nest, und der Zaunkönig, der ungeachtet seiner Kleinheit bedeutender Kälte trotzt, setzt sich als Außenbau seines Nestes eine kolossale Mooskugel zusammen, in deren Innerem er sein Lager macht.

Uebrigens findet man doch bei mehreren jener größeren Vögel mit flachen Nestern oder Brutstellen am Boden, daß sie wenigstens für die Zeit, wo sie ihre Eier verlassen, dieselben mit Blättern oder dgl. bewerfen, was den doppelten Vortheil gewährt, sie wärmer zu halten und den Blicken von Feinden zu entziehen. Dieß wird z. B. beobachtet bei der wilden Puterhenne, fasanenartigen Vögeln u. s. w.

Merkwürdig sind bei manchen Vögeln die gemeinsamen Bruten mehrerer Weibchen oder Paare. Als solche kann man schon die großen Hügel aus Erde und modernden Pflanzentheilen nennen, in welche manche der Megapodiden ihre Eier stecken. Aber auch eigentlicher Nestbau wird von Einigen gemeinsam betrieben. So z. B. bei den Crotophagen. Das auffallendste Beispiel eines gemeinsamen Baues bieten die gewaltigen Gesellschaftsnester der Fringilla (od. Loxia) socia (od. gregaria), welche in den Gegenden nördlich von der Capcolonie so häufig angetroffen werden. Sie gleichen einem in einem Baum gebauten Strohdache. Unter diesem großen Dache befindet sich dann eine große Anzahl von Nestern der kleinen Baumeister.

Fig. 372.



Solche gesellschaftliche Arbeit ist indessen eine Ausnahme. Für gewöhnlich gehört ein Nest einem Männchen und Weibchen an, welche sich auf verschiedene Weise in die Geschäfte des Nestbaues, der Brütung, Bewachung u. s. w. theilen, und diese mühsamen Geschäfte unverdrossen durchführen, ihre Brut bald durch manchfaltige Listen, mit welchen sie die Aufmerksamkeit vom Neste ablenken, bald mit einem Muthe vertheidigen, der ihnen zu anderen Zeiten nicht eigen ist.

Zu den von sehr vielen Vögeln angewandten Listen (wenn man es so nennen darf) gehört es, daß die Mütter wie krank oder verwundet wegflattern. Eisvögel werfen sich sogar auf's Wasser und lassen sich treiben.

Das Nestbauen suchen sich freilich einige Vögel gelegentlich zu ersparen durch Occu=

pation eines fremden Nestes, gehöre es selbst ganz anderen Arten oder gar Säugethieren (z. B. Eichhörnchen) an. Aber nur die Kuckucke und einige staarartige, namentlich der Kuhvogel, Cassicus pecoris in Nordamerika, wissen sich aller jener Mühseligkeiten, sowie auch der Fütterung der Jungen auf bekannte Weise zu entledigen. Sie überlassen dieselben kleinen Insektenfressern (Motacillen, Sylvien, Anthus u. a.), welche sich der übertragenen Pflicht in der Regel mit Eifer unterziehen.

Haben die Jungen die Schale durchbrochen, so sind sie zum Theil (so bei Enten, hühnerartigen Vögeln, Straußen) sogleich fähig, umherzulaufen und ihre Nahrung selbstständig aufzunehmen. Bei eben diesen liegt dann in der Regel *) das Nest am Boden und auch die Nahrung findet sich auf der Erde oder allenfalls, bei Schwimmern, im Wasser. So bedürfen die Kleinen das Flugvermögen nicht zu ihrer Nahrung, zum Aufsuchen und Verlassen des Nestes. Als interessante Ausnahme bemerken wir, daß der zu den eben genannten Vögeln gehörige Pfau im halbwilden Zustande sein Nest so hoch anlegt, daß er genöthigt ist, seine Jungen auf dem Rücken hinunter zu tragen. Uebrigens folgen die Jungen dieser Vögel oft noch lange der Mutter, bedürfen ihrer Anleitung beim Aufsuchen der Nahrung, sowie ihres Schutzes. Gegen die Kälte genügt manchen noch die eigene Wärmebildung nicht und vor Feinden warnt, gegen Feinde beschützt die Mutter ebenfalls. Ein merkwürdiges Beispiel solchen Schutzes gewährt die Beobachtung von Wilson, daß ein Weibchen von Tetrao umbellus, welches mit einem einzigen Jungen ging, dasselbe beim Herannahen des Beobachters nach einigen anderen Versuchen mit dem Schnabel faßte und im Fluge fortschleppte. — Auf eine eigene Art sollen, nach einer verbreiteten Meinung, die straußartigen Vögel für die erste Nahrung ihrer Jungen sorgen. Man findet neben der kleinen wallartigen Erhöhung, innerhalb deren sie brüten, sehr regelmäßig noch einige Eier, welche man für den genannten Zweck bestimmt glaubt.

Die Jungen der Vögel nun aber, welche höher über dem Boden bauen und brüten, können natürlich das Nest für längere Zeit nicht verlassen, da bei keinem Vogel weder Gefieder, noch Muskeln, noch Skelet alsbald so vollständig sich entwickeln, daß er sogleich fliegen könnte. Es ist nur eine Ausnahme, wenn junge Vögel das Nest schon frühe kletternd verlassen können, wie die Jungen von Salicaria turdoides, deren Nest zwischen Schilfstengeln schwebt. Sehr gewöhnlich können die Jungen eben so wenig ihre Füße als ihre Flügel gebrauchen, ja es sind manche unter ihnen höchst hilflos, nackt und blind (Kolibri's, Spechte, Eisvögel, Tauben u. s. w.). Hier versteht sich dann also von selbst, daß die Eltern für längere Zeit außer ihren übrigen Sorgen den Jungen auch das Futter zuzutragen haben, sey dieß nun animalische Kost oder Beeren, Körner u. s. w., welche dann wohl erst im Kropfe der Alten einigermaßen aufgeweicht werden. In dem Kropfe der Tauben erzeugt sich für diese Zeit eine milchige Flüssigkeit, welche in den ersten Tagen vielleicht allein, später mehr mit Körnern gemengt, den Jungen eingeflößt wird. — Wenn aber eine solche Sorge der Alten für ihre Jungen besonders da als unerläßlich erscheint, wo die Jungen das Nest schon seiner Lage wegen nicht verlassen können, ehe sie nicht flügge sind, so gibt es doch auch noch gar manche Vögel, welche zwar ihr Nest nahe über oder selbst am Boden erbauen, deren Junge aber dennoch so unentwickelt sind, daß sie nicht laufen, noch weniger ihre Nahrung selbst suchen können. So bauen z. B. Laubsänger sehr häufig am Boden; dieß sind dann aber meist wieder so kleine Vogelarten und ihre Nahrung ist der Art, daß, wenn sie auch das Nest verlassen könnten, sie doch nicht im Stande seyn würden, hinreichende Nahrung zusammenzubringen, indem es dazu des Fluges bedarf.

Uebrigens bildet sich der Körper der Vögel im Ganzen schnell aus. Gar manche unter

*) Die Crax oder Hokko's unter den hühnerartigen Vögeln bauen, wie man sagt, auf Bäume. Andere Umstände, welche dieß erklären könnten, wie z. B. das oben vom Pfau Angeführte, sind mir nicht bekannt.

ihnen müssen ja auch schon wenige Monate, nachdem sie die Eischale verließen, weite Reisen in ferne Gegenden mitmachen, um den wärmeren Winteraufenthalt aufzusuchen, und es versteht sich somit von selbst, daß dann ihr Bewegungsapparat eine bedeutende Vollendung erreicht haben muß. Auch ist es bekannt, daß der Verknöcherungsvorgang bei den Vögeln ungemein rasch vor sich geht. Nicht nur verschmelzen die Epiphysen der langen Knochen sehr bald mit den Mittelstücken, sondern selbst die Nähte zwischen den Schädelknochen verschwinden sehr früh, während sie bei anderen Wirbelthieren lange, ja bei vielen bis in das höchste Alter sichtbar bleiben.

Bei den Säugethieren ist sehr gewöhnlich wenigstens schon die Geschlechtsreife vorhanden, ehe nur die Mittelstücke der langen Knochen mit ihren Epiphysen völlig vereinigt sind. Die Beschleunigung der Verknöcherung gibt nicht allein dem Skelete der Vögel frühzeitig seine Festigkeit, sondern es hängt damit auch die Leichtigkeit, welche es erlangen soll, zusammen, da die Lufthöhlen in noch unverknöcherten Theilen sich nicht ausbilden, was ja ohne bedeutende Beeinträchtigung der Festigkeit auch nicht möglich seyn würde.

Dieser höchst energische Verknöcherungsproceß der Vögel offenbart sich auch nach dem Zeitpunkte, in welchem wir das Skelet für vollendet erklären, indem er sehr gewöhnlich in ausgedehntem Maaße von den Knochen auf Bänder und Sehnen übergreift. Denkt man daneben nun auch an die Kalkschalen der Eier, so kommt man zu dem allgemeinen Resultate, daß der Kalk überhaupt in der Oekonomie der Vögel eine besonders bedeutende Rolle spiele.

Die Entwicklung der beschuppten Reptilien im Ei kommt in den hauptsächlichsten Punkten so sehr mit der Entwicklung der Vögel überein, daß wir darüber kaum etwas Wesentliches sagen könnten, was sich nicht aus den Verschiedenheiten der erwachsenen Thiere von selbst versteht. Eine besondere Aufmerksamkeit unter diesen verdienen allerdings die Schildkröten bei der auffallenden Lage ihrer Schulterblätter und Beckengerüste. Man hat ja die Schildkröten, als Thiere, bei welchen diese Apparate im Innern des übrigen Skeletes eingeschlossen wären, statt darauf zu liegen, sogar zu einer eigenen Klasse unter den Wirbelthieren machen wollen. Hätte man consequent seyn wollen, so hätte man diese Klasse sogar als eine Hauptabtheilung dem Inbegriffe aller übrigen Wirbelthiere entgegen setzen sollen.

Die Entwicklungsgeschichte lehrt aber, daß dieß nur ein untergeordnetes Verhältniß sey. Sie macht es sehr wahrscheinlich, daß der ursprüngliche Platz für die vorderen Extremitäten überhaupt die Halsgegend sey, daß das Schulterblatt von da aus sich bei vielen Wirbelthieren rückwärts über die Rippen hin entwickelt und zugleich das Schultergelenk sich etwas in diesem Sinne verschiebt. Bei den Schildkröten scheint nun diese Abweichung eine etwas geringere zu seyn. Da aber zugleich mehrere Rippen dieser Thiere eine eigenthümliche Entwicklung in die Breite erlangen, so wird es möglich, daß die vorderste dieser breiten Rippen sich etwas über die Spitze des Schulterblattes schiebt. Nimmt man aber an, daß die breiten Rippen dieser Thiere wesentlich durch Verschmelzung platter Hautknochen mit Rippen entstehen, so ist es noch weniger auffallend, daß dieselben das Schulterblatt überwölben. Für die durch die ganze Entwicklungsgeschichte sich hindurch ziehende Thatsache der ursprünglichen Aehnlichkeit zoologisch verwandter, z. B. aller Wirbelthiere, auch wenn sie später sehr von einander abweichen, ist es höchst instruktiv, einen frühen Schildkrötenembryo mit einem Vogelembryo zu vergleichen.

Fig. 373. Fig. 374.



Embryonen der Schildkröte und des Hühnchens, zur Vergleichung.

Die Eier der Reptilien werden theils bald nach der Befruchtung, theils zur Zeit der Reife der Jungen, theils auch von beiden Zeitpunkten einigermaßen entfernt aus den Eileitern gestoßen. Sollen sie einige Zeit noch außer der Mutter sich entwickeln, so erhalten sie eine Schale, ähnlich der Schale des Vogeleies, doch mit weniger Kalk und deßhalb meist mehr lederartig als hart.

Die Mutter sucht besondere, zum Theil feuchte Orte für ihre Eier auf, und man hat es schwierig gefunden, die Eier, z. B. der Natter, welche in Mist od. dgl. gelegt werden, aufzuziehen, wenn man sie aus ihrer natürlichen Lagerstätte entfernt. — Einige Reptilien scheinen ihre Eier zu beschützen. Man hat wenigstens bemerkt, daß Riesenschlangen ihre Eier mit ihrem zusammengerollten Körper bedeckten. Eine Brütung kann dieß wohl kaum genannt werden. Doch wird immer den Eiern wohl einige Wärme auf diese Art zugeführt; sie werden gegen Temperaturwechsel und Verdunstung einigermaßen geschützt seyn.

Wenn wir nun schließlich uns zu den Eiern und Jungen der Säugethiere wenden, so werden wir hier namentlich als ihnen eigenthümlich ihr Verhältniß zu den weiblichen Geschlechtstheilen nebst den damit zusammenhängenden Besonderheiten der äußern Eihaut und der Allantois darzustellen haben.

Außerdem haben wir aber auch bis hieher einige Bemerkungen über die Bildung der Sinnesorgane und des Gesichtsskeletes verschoben, so wie auch hier, am Ende der Reihe der Wirbelthiere, am passendsten eine Uebersicht über die Entwicklung ihrer Harn- und Geschlechtswerkzeuge wird gegeben werden können.

Fig. 375.



Säugethierei.

v Zona pellucida; y Dotter; g Keimbläschen; s Keimfleck.

Das reife Ei der Säugethiere ist, wie wir wissen, sehr klein und besteht aus einem Dotter, welcher von einer derben Haut, der sog. Zona pellucida, umgeben ist. So tritt es aus einem Risse der Oberfläche des Eierstockes und der Graaf'schen Kapsel, in welcher es sich gebildet hat, hervor und in die Mündung des Eileiters ein. Dabei ist es noch umgeben von einer Schicht von Zellen, in welche es schon in seiner frühern Lage eingebettet war. Während das Ei oder (je nach den Thierarten) die Eier nun durch den Eileiter hindurch gehen, befruchtet oder der Befruchtung entgegenrückend, nehmen dieselben nicht nur an Umfang zu, sondern erleiden auch in ihrem Innern schon die Verwandlung des Dotters in Zellen durch Spaltung. Die gebildeten Zellen ordnen sich dann in der Form einer Hohlkugel an, welche die Keimhaut vorstellt.

Zugleich zeigt sich eine Thätigkeit in den Zellen, welche das Ei als äußerer Ueberzug begleitet haben. Wahrscheinlich führt diese dahin, daß die Zellen mit der Eihaut als eine äußere Schicht verschmelzen und dieselbe verstärken.

So treten die Eier, wahrscheinlich überall schon im Eileiter befruchtet, in den Uterus, um hier sich längere Zeit hindurch zu entwickeln. Der Uterus hat sich dazu durch eine Entwicklung seiner inneren Haut, mit welcher die Eier später in einen innigen Verein treten sollen, vorbereitet.

Außerdem verschließt sich seine Oeffnung in die Scheide, so daß das Ei oder die Eier nicht aus derselben hervortreten können. Die Verrichtungen zu diesem Zwecke sind verschiedenartig. Die Oeffnung des menschlichen Uterus verschließt sich durch einen schleimartigen Pfropf. Es scheint aber außerdem das menschliche Ei in der Regel gleich an der sehr aufgelockerten Innenwand des Fruchthalters anzukleben. Späterhin entwickeln sich noch bei manchen Thieren in der Scheide bedeutende Aufwulstungen, welche dieselbe vollständig verschließen. Leuckart fand solche bei Centetes, Cladobates von ausgezeichneter Entwicklung. Der Gallertpfropf in der Scheide des weiblichen Meerschweinchens kann nicht hieher gerechnet werden, weil er nur eine kurze Dauer hat und schon vor dem Eintritt der Eier in den Uterus wieder verloren geht. Er hat wohl nur die Aufgabe, das Sperma zurückzuhalten, was hier um so nöthiger seyn möchte, als die Begattung unmittelbar nach der Geburtsarbeit stattfindet. Dagegen findet man späterhin die Scheide dieser Thiere durch Verklebung der Oeffnung verschlossen.

Sind der Eier, welche in den Fruchthalter eintreten, nun mehrere, so müssen dieselben zunächst in einer solchen Weise im Uterus vertheilt werden, daß sie sich gegenseitig in ihrem späteren Wachsthum so wenig als möglich hindern. Es handelt sich dabei gewöhnlich um die Vertheilung in einen zweihörnigen Uterus, dessen beide Hörner die Form längerer oder kürzerer Kanäle haben. Sind nur zwei Eier vorhanden, so muß natürlich jedes seine Stelle

in einem Uterushorn annehmen, kommen aber mehrere auf ein Horn, so müssen sie sich in gleichmäßigen Entfernungen anordnen. Dieß geschieht nun auch mit großer Regelmäßigkeit, und man hat mit Recht besonders bemerklich gemacht, daß, im Falle nur zwei Eier vorhanden sind und diese auch aus einem Eierstocke kommen, sie dennoch im Uterus sich so von einander entfernen, daß eins derselben durch das Mittelstück des Uterus hindurch in das entgegengesetzte Horn wandert.

Man hat gefragt, woher diese regelmäßige Vertheilung der Eier kommen möge? Wir glauben, daß sich dieselbe ganz wohl aus den allgemeinen Gesetzen der Reizbarkeit herleiten lasse, wie sich dieselben bei der peristaltischen Bewegung zeigen müssen. Es wird zunächst Niemand in Zweifel ziehen, daß die Eier in einem darmförmigen Uterus ebensowohl wie im Eileiter durch einen motus peristalticus bewegt werden, bis sie in Ruhe kommen, sich angeheftet haben, und daß der Reiz, welchen sie selbst ausüben, das Incitament dieser Bewegung ist. Man wird es ferner auch nicht schwierig finden anzunehmen, daß eine Mehrzahl von Eiern oder auch nur zwei, einen stärkeren Reiz ausüben, als ein einziges.

Lasse man nun in ein Uterushorn mehrere Eier eintreten, so ist es schon der weniger wahrscheinliche Fall, daß dieselben völlig gleichzeitig eintreten sollten. Man findet allerdings die Eier im Eileiter in der Regel nahe beisammen. Aber ihre Bewegung ist daselbst auch eine sehr langsame, so daß zwei Eier, durch einen sehr geringen räumlichen Abstand im Eileiter getrennt, dennoch durch einen merklichen Zeitabstand in ihrem Eintritte in den Uterus von einander geschieden seyn werden.*) Kommt nun ein Ei nach dem andern im Uterus an und ist hier die peristaltische Bewegung etwas lebhafter, als an den Eileitern, so ist es natürlich, daß ihre Entfernungen von einander etwas zunehmen.

Für die definitive Anordnung der Eier nehmen wir nun den Satz an, welchen man aus den Gesetzen der Reizbarkeit und des motus peristalticus wohl gerechtfertigt finden wird: daß von zwei gleich reizbaren Theilen eines Kanales jeder dem andern seinen Inhalt, durch welchen er gereizt wird, zuzutreiben sucht.

Hieraus wird man folgern dürfen, daß wenn zwei Eier in einem Uterushorne sich befinden und in dem andern keins, nicht eher wird Ruhe entstehen können, als bis eins derselben in die leere Seite hinübergetrieben ist, so daß die Reizung auf beiden Seiten gleich groß ist, das Austreibungsbestreben beider Seiten sich die Wage hält.

Man wird ferner hieraus folgern können, daß von zwei Eiern, welche bald nach einander in ein Uterushorn eintreten, das erstere sich etwas rascher bewegen kann, als das zweite. Die Reizung, die Contractionen, welche das erste Ei hervorruft, können dem Fortschritte des zweiten hinderlich seyn, die Contractionen, welche das zweite Ei erregt, können das erstere nur fördern.

Schon hieraus wird man die Vorstellung gewinnen, daß eine dauernde Anhäufung mehrerer Eier auf einer Stelle in einem Kanale von weniger trägen Bewegungen, als es die Eileiter sind, kaum denkbar ist. Sie müssen sich durch die Bewegungen des Kanales zerstreuen. Ueberall, wo zwei Eier sich besonders nahe liegen, werden die Contractionen der Röhre sie bald von einander entfernen. — Es ergibt sich aber auch wohl, daß die endliche Vertheilung der Eier eine regelmäßige seyn muß. Lassen wir z. B. von drei Eiern, a b c, welche in einer Reihe liegen, das mittlere b dem c näher seyn, als dem a, so wird die Erregung der Strecke b c größer seyn, als die der Strecke a b, und es muß nothwendig b sich nach a hinbewegen, wenn nicht c leichter von b entfernt werden kann. Die Combinationen lassen sich begreiflicher Weise sehr vervielfältigen. Wir glauben aber schon genug gesagt zu

*) Diese Voraussetzung machen wir übrigens nur der Erleichterung der Auffassung wegen. Es würde, auch wenn mehrere Eier ganz gedrängt im Uterus vorkämen, doch ein sehr unwahrscheinlicher Fall seyn, daß sie sich nicht allmälig im Uterus zerstreuen sollten, wie man aus dem Folgenden ersehen wird.

haben um es anschaulich zu machen, daß aus diesen Verhältnissen von Reizung und Bewegung schließlich eine gleichmäßige Vertheilung der Eier hervorgehen müsse. Eine solche ist nämlich die einzige Lage, welche nicht mehr zu Bewegung Veranlassung gibt, da in ihr jedem Ei von jeder Seite her gleich stark entgegengewirkt wird.

Wir verfolgen nun die Eier in ihrer Entwicklung weiter und lassen dabei vorläufig außer Acht, wie sich dieselben an ihrer äußern Oberfläche verändern, um sich anzuheften. Diese Erscheinungen werden später mit inneren Entwicklungsvorgängen sich zusammen verknüpfen lassen.

An der blasenförmigen Keimhaut geht nun zunächst fast Alles, wenn auch in sehr kleinen Dimensionen, ähnlich vor sich, wie am Ei der Vögel. Wir wiederholen hier nicht die wesentlichen Vorgänge, welche sich unmittelbar auf den Körper der Frucht beziehen. Aber auch ein Gefäßhof bildet sich hier, so klein auch der ganze Umkreis des Dotters ist, und ungeachtet die Keimhaut gleich von vorn herein den ganzen Dotter umfängt. Es nimmt die Entwicklung der animalischen Schicht denselben Gang wie dort: es entsteht aus ihr der äußere Leib der Frucht, das Amnion, die seröse Hülle. Letztere legt sich an die Haut an, welche den Dotter von Anfang her umgab, so daß diese Haut, welche früher schon eine äußere Verstärkungsschicht erhielt, nun auch noch eine innere bekommt.

So liegt also die Frucht im Ei, vom Amnion umgeben, durch ihre Darmanlage mit dem Dottersack zusammenhängend. Sehr früh, schon vor Bildung des Darmrohres, tritt nun bei den Säugethieren aus dem Hinterleibe der Frucht die Allantois hervor, die im Anfang ein solides, bald einfaches, *) bald doppeltes Knötchen darstellt, aber schnell zu einer ansehnlichen Blase auswächst. Sie ist auch hier dazu bestimmt, die Blutgefäße, welche sich an ihr und mit ihr entwickeln, in Berührung mit der äußern Eihaut zu bringen.

Dabei nimmt aber die Entwicklung des Sackes selbst einen eigenen und bei verschiedenen Säugethieren nicht gleichen Verlauf. Da derselbe im Hinterende des Unterleibes wurzelt, so versteht sich, daß mit allmäliger Schließung der Bauchhöhle der Stamm der Allantois im Unterleibe eingeschlossen wird. Wir haben schon oben gesagt, daß dieser Theil, wiewohl eine Zeitlang nur eng und unbedeutend, doch nicht verloren geht, sondern sich später zur Harnblase entwickelt, an welcher dann (im Fötus) ein Zipfel (urachus) zu sehen ist, welcher gegen den Nabel und aus diesem heraus verlaufend, in die Allantois übergeht.

Dieser Stiel der Allantois erweitert sich aber, wenn die Entwicklung einigermaßen fortgeschritten ist, auch nicht sogleich bei seinem Austritte aus dem Unterleibe zu einem Sacke, sondern behält noch eine Strecke die Form eines dünnen Kanales bei, an welchem die Nabel- oder Allantoisgefäße verlaufen und bald relativ so stark sind, daß sie den Stiel der Allantois übertreffen. Diese Nabelgefäße, dieser außer dem Unterleibe befindliche Stiel der Allantois nun, nebst dem Stiele des Dottersackes und seinen Gefäßen in eine Scheide des Amnion gehüllt, bilden den **Nabelstrang** der Säugethiere.

Fig. 376.



Embryo eines Säugethiers mit Allantois u. Nabelblase.

Seine Entstehung können wir uns folgendermaßen vorstellen. Wir sehen von unten gegen einen Embryo, dessen Unterleib schon bis auf eine enge Oeffnung geschlossen ist. Dann bedeckt das Amnion, welches ja mit dem Rande dieser Oeffnung zusammenhängt, die Frucht auch bis auf diesen Eingang in die Leibeshöhle gänzlich. Rings um die Oeffnung wird es, jetzt schon viel Amnionsflüssigkeit enthaltend, gewölbt herabhängen, so daß ein trichterförmiger, vom Amnion begrenzter Zugang zu jenem Eingange gebildet wird. Dieser Trichter wird nun allmälig immer schlanker, es schreitet vom Unterleibe der Frucht aus eine Verengerung über den weitern

*) So namentlich bei dem Meerschweinchen, wie ich hier nochmals entschieden gegen die absprechenden Behauptungen von Reichert und Marcusen (de ranarum cloaca p. 17), welche die Allantois überall aus einer doppelten Anlage hervorgehen lassen, wiederholen muß. L.

Theil allmälig fort, bis er sich in einen engen Cylinder umgebildet hat, welcher den vorhin genannten Blutgefäßen u. s. w. als Scheide dient.

Hiedurch rückt also der Theil des Amnion, welcher blasenförmig den Embryo umgibt, von seiner Bauchseite weiter fort und die Frucht schwimmt nun sehr frei in dieser Hülle, nur durch den Nabelstrang an einem Punkte derselben befestigt und durch ihn in Verbindung mit der äußeren Eihülle. Wir können folglich für die Lagerung des Dottersackes und die Ausbreitung der Allantois den Raum zwischen Amnion und äußerer Eihülle anweisen, und da der Dottersack bei manchen (z. B. Wiederkäuern, Schwein, Mensch) sehr klein ist, hat die Allantois jenen Raum ziemlich für sich allein. Bei dem menschlichen Ei findet sich aber die Besonderheit, daß auch die Allantois sehr früh wieder verschwindet, so daß hier der innere Raum des Eies überall vom Amnion ausgekleidet ist, in welchem die Frucht sich befindet. Es scheint, daß die Allantois des menschlichen Eies nur so lange besteht, bis sie sich an die äußere Eihaut hinanentwickelt hat. Dann treten ihre Blutgefäße mit der äußeren Eihaut in Verbindung und die Allantois verschrumpft bis auf ihre Wurzel im Unterleibe, welche, hier also zur Harnblase werdend, allein der Absonderung der Nieren einen Abfluß gewährt. Bei anderen Säugethieren findet man den fötalen Harn dagegen in der Allantois, zwischen Amnion und äußerer Eihaut.

Wir haben über die äußere Eihaut bis jetzt nichts weiter erfahren, als daß sie sich mit einer inneren, bisweilen auch (z. B. beim Kaninchen, nicht aber beim Hunde, Meerschweinchen, Wiederkäuern) mit einer äußeren eiweißartigen Schicht verbindet. Es scheint an dieser äußern Eihaut in Beziehung auf ihre Verstärkung und ihre Verbindung mit dem Uterus manches Eigenthümliche bei verschiedenen Säugethieren vorzukommen, *) worüber jedoch unsere Kenntnisse noch zu beschränkt sind, als daß wir darüber schon jetzt irgend etwas Uebersichtliches sagen könnten. Ihr Wachsthum und ihre Form sind nach den verschiedenen Thieren natürlich sehr verschieden und schließen sich den Dimensionen des Uterus an. Da dieser sehr gewöhnlich darmartig verlängert ist, so richtet sich danach auch die Gestalt der Eier (ein Umstand, der eine Vergrößerung der äußeren — ernährenden — Eihaut zur Folge hat und deßhalb nicht ohne physiologischen Werth ist), insofern nicht deren Zahl eine so große ist, daß der Raum für jedes einzelne sich doch wieder sehr verkürzt.

Das Wichtigste, was wir über die äußere Eihaut zu sagen haben, betrifft ihre Verbindung mit der Allantois einer- und dem Uterus andererseits, sowie ihre Vorbereitung dazu.

Als eine Vorbereitung dieser Haut können wir die Entwicklung der sogenannten **Chorionszotten** **) auf ihrer Außenfläche bezeichnen. Dieß sind fadenförmige, bei verschiedenen Säugethieren verschieden entwickelte, bei manchen bedeutend verästelte Anhängsel, welche die Oberfläche des Eies bedecken. Sie senken sich in die verdickte Haut des Uterus hinein und sind um so entwickelter, je inniger die Verbindung zwischen Ei und Uterus bei einem Thiere wird.

Fig. 377.



Säugethierei mit sprossenden Chorionzotten.

s Seröses Blatt; m Schleimblatt; y Dotterblase.

Sehr bald finden wir nun diese Rauhigkeit oder diese fadenförmigen Anhängsel nicht mehr über das ganze Ei ausgebreitet, sondern nur auf einzelne Theile oder Stellen seiner

*) Sehr auffallend ist in dieser Beziehung namentlich die Entdeckung von Leuckart, daß beim Meerschweinchen das Ei (oder vielmehr, da die Eihaut hier nach dem Eintritt in den Uterus zu verschwinden scheint, die Keimblase, welche sehr bald eine eigenthümliche birnförmige Gestalt annimmt), schon vor der Bildung des Embryo mit dem einen (dünnern) Ende in eine Gefäßverbindung mit dem Uterus tritt.

**) Wir haben die Bezeichnung Chorion vermieden wegen ihrer schwankenden Bedeutung. Sehr gewöhnlich belegt man mit diesem Namen die äußere Eihaut der Säugethiere in dem Zustande, in welchem wir sie bis jetzt kennen gelernt haben und auch späterhin. Auf der andern Seite ist

Oberfläche beschränkt. Diese Stellen nun sind es, welche nach Außen mit dem Uterus, nach Innen mit der Allantois sich verbinden sollen, wo die Bildung der sogenannten Placenta vor sich geht. *) Die Vertheilung und Verbreitung derselben ist für die verschiedenen Abtheilungen der Säugethiere charakteristisch. Bei dem Menschen (und ähnlich bei Affen) ist eine scheibenförmige Stelle des Eies mit den Chorionszotten bewachsen. Bei den Raubthieren umgibt ein breiter Gürtel derselben die Mitte des cylindrischen Eies. Aehnlich, aber ausgebreiteter, mit geringerer Entwicklung der Zotten, ist die Bildung bei Schweinen und noch entfernter in diesen Beziehungen beim Pferde. Bei den Wiederkäuern finden sich über das sehr lange Ei gleichsam ausgestreut kleine, runde Flecken, mit Zöttchen besetzt. Bei Nagern findet man, wie beim Menschen, einen scheibenförmigen Raum mit entwickelten Zotten. Die Beutelthiere, deren Junge sich nur so kurze Zeit im Mutterleibe entwickeln, scheinen sich aber dadurch zu unterscheiden, daß eine solche innigere Verbindung des Eies mit der Mutter gar nicht eintritt. Sie sollen auch erst spät eine Allantois bekommen, während ihr Dottersack groß und gefäßreich ist. Es ist sehr wahrscheinlich, daß die Monotremen sich ähnlich verhalten.

Fig. 378.



Entwicklung der Placenta.

e Embryo; *y* Dotterblase; *s* seröses Blatt; *m* Schleimblatt; *c* Chorion; *pe* Chorionzotten; *pm* Uterinzotten.

Diese Stellen am Ei sind es nun, welche sich mit der Allantois in Verbindung setzen. Es entwickeln sich dann in der Wandung der Eihaut und in den Zotten Gefäßnetze, in welche das Blut durch arterielle Aeste der Nabelgefäße hinein, aus welchen es durch venöse Aeste derselben herausgeführt wird. Sobald sich diese Gefäßnetze gebildet haben, können wir den Fötaltheil der Placenta oder den Fruchtkuchen für vorhanden erklären. Es kommt nun nur darauf an, daß die in den Zotten kreisende Blutflüssigkeit der Frucht mit dem Blute oder nahrhaften Absonderungen aus dem Blute der Mutter auf eine ähnliche Weise in Beziehung gebracht werde, wie es die Blutgefäße in den Darmzotten mit dem flüssigen Darminhalte sind, um Nahrung aus demselben schöpfen zu können, vermuthlich auch, um sich einiger Kohlensäure an die Säfte der Mutter entledigen und einigen Sauerstoff aus ihnen schöpfen zu können.

Am menschlichen Ei bildet sich nun eine besonders enge Verbindung aus, indem in der verdickten Schleimhaut des Uterus, in welche jene Zotten wie Wurzeln hineinragen, sich weite zartwandige Venen entwickeln, in welche diese Wurzeln der Frucht hineinwachsen. Sie hängen dann im Blute der Mutter und es kann durch die dünnen Gefäßwände ein Stoffaustausch geschehen. Es ist die Verwachsung bei der menschlichen Placenta, welche solchergestalt entsteht, so innig, daß sie sehr bald gar nicht mehr gelöst werden kann.

---

es ein alter Gebrauch, die gefäßreiche Platte der Allantois bei den Vögeln, welche sich an die äußere Eihaut legt, chorion zu nennen. Dieß sind nun ganz verschiedene Dinge und es würde, wie ein berühmter Embryologe früher bemerklich gemacht hat, consequenter seyn, die äußere Eihaut der Säugethiere auch erst dann chorion zu nennen, wenn sie mit den gefäßreichen Gebilden des innern Eies in Verbindung getreten ist.

*) Bei dem Meerschweinchen, dessen Ei sich so frühe festheftet, fehlen diese Zotten. Die Gefäßverbindung mit der Mutter scheint dieselben zu ersetzen. (Die Zotten dienen offenbar zur Vergrößerung der resorbirenden Eihaut.) Die Bildung der Placente geht an der primitiven Anheftungsstelle vor sich, nachdem der Embryo an dem gegenüberliegenden Pole des Eies entwickelt ist. (Die Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte des Meerschweinchens, die bereits an meinem frühern Aufenthaltsorte begonnen hatten, sind hier in Gießen in Gemeinschaft mit Prof. Bischoff in größerm Maaßstabe fortgesetzt worden. Dabei haben sich noch viele andere höchst überraschende und abweichende Thatsachen ergeben, von denen ich hier — da das Ganze wohl binnen Kurzem anderweitig veröffentlicht werden wird — nur den sehr sonderbaren Umstand erwähnen will, daß der Embryo sich nicht auf der äußern, sondern der innern Fläche der Keimblase entwickelt, also mit seinem Amnion, das schon vor der Bildung des Embryo vorhanden ist, von Anfang an in die Höhle der Keimblase hineinragt. L.)

Bei den Raubthieren, deren Placenta ebenfalls in neuerer Zeit sehr genau untersucht worden ist (Katze, Hund), findet kein solches Eintauchen der Fötalgefäße in die mütterlichen statt, ebensowenig bei den Wiederkäuern u. s. w. Hier tritt theils nur eine dichte Anlagerung mütterlicher und embryonaler Blutgefäße ein, theils auch schöpfen die letzteren ihr Ernährungsmaterial aus den Drüsen der Uteruswand, welche eine besondere Entwicklung erfahren, um die Zotten des Eies in sich aufzunehmen. Auch an dem Chorion des Schweines bemerkt man besondere Gefäßentwicklungen den Drüsen des Uterus gegenüber.

Bei den Wiederkäuern bildeten sich die Zotten, wie wir sahen, an vielen, über die Oberfläche des Chorion zerstreuten, rundlichen Stellen aus. Diesen gegenüber bilden sich gefäßreiche Verdickungen der Uteruswand, mit Vertiefungen, in welche die Zotten des Eies hineinwachsen, so daß jede dieser Stellen zu einer kleinen Placenta (cotyledo) wird. Auch hier hat man den Erguß einer weißlichen Flüssigkeit zwischen den beiderseitigen Gefäßsystemen bemerkt, welche ohne Zweifel zur Ernährung der Frucht dient. Die Ränder des fötalen und mütterlichen Theiles eines jeden cotyledo verwachsen allmälig mit einander, während die Zotten selbst aus den entsprechenden Vertiefungen auch im ausgebildeten Zustande noch hervorgezogen werden können, sobald man nur die Ränder von einander gerissen hat. Die verschiedenen Wiederkäuer haben theils größere und wenigere, theils kleinere und mehrere Cotyledonen.

Mit diesen Cotyledonen hat die eine scheibenförmige Placenta der Nager viel Aehnlichkeit, indem auch hier der mütterliche Antheil bedeutend knopfförmig aus der Fläche des Uterus hervorzuragen pflegt.

Entsprechend der schon erwähnten, weit über das Ei verbreiteten, aber geringen Entwicklung der Zotten, bildet sich bei den Schweinen und Pferden die Placenta überall sehr wenig aus, es findet nur oberflächliche Verklebung zwischen Ei und Uterus Statt, so daß man diesen Thieren auch wohl nicht mit Unrecht eine Placenta abspricht.

Zwischen den Gefäßen der Mutter und Frucht geht nun ohne Zweifel, wie gesagt, ein Austausch nicht nur von Nahrungs-, sondern auch von Zersetzungsstoffen vor sich. Das Blut des Embryo kann hier gewiß auch stickstoffhaltige Zersetzungsprodukte ausscheiden und es ist eben deßhalb möglich, daß die Ausscheidung des Harns in die Allantois bei verschiedenen Säugethieren so verschieden seyn kann, was namentlich aus der Erinnerung an das oben über die menschliche Allantois Gesagte einleuchten muß. Und wenn wir uns nur zurückrufen, daß auch der Vogelembryo so unzweifelhaft eine Respiration hat, so werden wir wohl annehmen dürfen, daß es mit den Säugethieren nicht anders seyn werde, daß dieselben nur, statt aus der Luft, den Sauerstoff aus dem Blute der Mutter erhalten, daß ihre Placentargefäße ihnen also gleichsam als Kiemen und Darmzotten zugleich dienen. Allerdings muß diese Respiration eine sehr unvollkommene seyn, da eine hellere Färbung des von der Placenta zurückkehrenden Blutes nicht stattzufinden scheint. Aber etwas Anderes ist auch nicht zu erwarten, da selbst das reif geborne Thier noch nicht sogleich im vollen Gebrauche seiner Athmungswerkzeuge ist. Auch fällt der eine Zweck der Respiration bei homöothermen Thieren, die Bildung der Wärme, während des Uterinlebens noch ganz fort; denn die Frucht kann an die umgebenden Organe der Mutter schwerlich Wärme verlieren, da diese, soviel man weiß, um nichts kühler sind, als die Frucht selbst. Und von der andern Seite fehlt auch die Thätigkeit der Muskeln und des Nervensystemes bei dem Embryo fast ganz, und gerade diese Thätigkeiten sind es, welche die Bildung der Kohlensäure, wie wir wissen, so sehr steigern. —

Ueber die drei höheren Sinnesorgane steht es aus allen Untersuchungen an Wirbelthieren fest, daß ihre wesentlichsten Theile als Auswüchse aus dem Gehirne und der Schädelwandung entstehen. Dieser Vorgang ist am leichtesten vollständig bei der Bildung des Auges zu verfolgen. Die erste Andeutung der Augen besteht in einer vom Gehirne schon sehr früh jederseits ausgehenden Blase, welche die Schädelwand vor sich her treibt

und sich bald in einen Stiel (nervus opticus) und den Augapfel sondert. Die von der Schädelwand mitgenommene Hülle wird zur Sklerotika, am Nerven zur faserigen Nervenhülle, die Hirnblase wird zur Netzhaut, welche sich allmälig nach vorn öffnet, nachdem ihr vorderster Theil erst durch Entwicklung der Linse zurückgetrieben ist. Die Linse ist, nach einigen Angaben, anderer Entstehung. Es soll von der Vorderfläche des Augapfels ein Säckchen sich in das Auge einstülpen und dann an seiner Eintrittsstelle abschnüren. In diesem Säckchen entsteht die Linse. Die pigmentreiche Gefäßhaut des Auges, die Iris u. s. w. bilden sich dann allmälig im Innern des Auges aus. Die Umgebungen des Auges entstehen großentheils mit dem Gesichte, insoweit sie diesem angehören.

Auch dem Ohre entspricht zuerst eine Blase weiter hinten am Hirne, welche aber nicht durch die Schädelwand hervor, sondern nur in die sich verdickende Schädelwand hineinwächst, und sich unter Theilnahme der festen Umgebung in das Labyrinth umformt. Die Trommelhöhle mit ihren Knöchelchen ist von anderem, in die Gesichtsbildung verwickeltem Ursprung. — Ebenso endlich ist die Bildung des Geruchsorganes, nach allen Beobachtungen, ohne Zweifel die Folge des Hineinwachsens eines vordersten Paares von Hirnauswüchsen in die Schädelwand. Mit dem Umstande, daß die drei höheren Sinnesorgane und ihre Nerven Auswüchse des Gehirns sind, steht das Resultat neuerer Untersuchungen in bester Harmonie, daß die Nervenmasse dieser Organe außer den Nervenfasern auch Gehirnmasse (Hirnzellen, Kerne, Körperchen) enthält.

Das Gesicht bildet sich theils aus dem vordersten Kiemenbogen, theils durch Auswüchse von der Schädelgrundfläche.

Zwischen den Augen herab, besonders vorn von dem unteren Rande der Stirne, geht ein wichtiger Auswuchs, welchen man den mittleren Stirnfortsatz genannt hat. In ihm bilden sich die verschiedenen Theile der Nasenscheidewand und an seinem unteren vorderen Ende entsteht der Zwischenkiefer.

Gleichzeitig wächst von hinten, vom oberen Theile des ersten Kiemenbogens her, jederseits ein Fortsatz unter dem Auge hin, dem mittleren Stirnfortsatze entgegen, um mit ihm zusammen das Auge zu umschließen. In diesem Oberkieferfortsatze entsteht Oberkieferbein, Gaumenbein, Flügelbein, und es ist somit das Gesicht der Hauptsache nach angelegt. Doch tragen noch zwei kleine Fortsätze dazu bei, welche (wenigstens bei höheren Wirbelthieren bemerkt) neben jedem Auge nach Innen (oder vorn) aus der Stirnwand hervorkommen (äußere Stirnfortsätze).

Wiewohl nun schon in der Bildung dieser Gesichtstheile sich einige Verschiedenheiten zwischen höheren und niederen Wirbelthieren finden mögen, so knüpfen sich doch erst die wichtigsten vergleichenden Betrachtungen an die Bildung des Unterkiefers. Die erste Grundlage desselben ist ein Knorpelstreif (Meckel'scher Knorpel), welcher sich in dem ersten Kiemenbogen entwickelt, hufeisenförmig und mit seinen beiden Enden dicht vor der Stelle der Gehörblase am Schädel befestigt.

Bei den Säugethieren bildet sich nun an dieser dünnen knorpligen Grundlage der knöcherne Unterkiefer. Sein später zahntragender Theil umhüllt den unteren und vorderen Theil des Knorpelfadens genau. Der Gelenk- und Muskelfortsatz aber sind Auswüchse des Unterkieferknochens, welche mit dem Meckel'schen Knorpel in keiner unmittelbaren Beziehung stehen, so daß der Unterkiefer der Säugethiere zu einer Zeit eine doppelte Befestigung jederseits am Schädel hat, die eine durch seinen Gelenkfortsatz, die andere, dicht dahinter, durch den Meckel'schen Knorpel. Letztere geht verloren, indem der Meckel'sche Knorpel in seinem unteren Theile verschwindet, während nur das obere, mit dem Schädel verknüpfte Stück übrig bleibt.

Hinter dem ersten Kiemenbogen war natürlich die erste Kiemenspalte, den ersten vom zweiten Kiemenbogen trennend. Der oberste Theil dieser Spalte nun, der im Schädel gebildeten Gehörblase gegenüber, geht nicht so spurlos verloren, wie die übrigen Kiemenspalten

der höheren Thiere. Vielmehr bildet sich aus demselben die Trommelhöhle, indem sie nach Außen nur durch das dünne Trommelfell geschlossen wird. Um ihre Oeffnung in den Schlund lagert sich mehr Masse ab, wodurch dieselbe zu einem Kanale, tuba Eustachii, wird, und ebenso rückt das Trommelfell, welches anfänglich ganz oberflächlich liegt, bei höheren Thieren durch Auflagerung von festen Theilen in der Umgebung, mehr in die Tiefe: es bildet sich der äußere Gehörgang.

Während in dieser Verwendung des oberen Endes der ersten Kiemenspalte nun wohl alle Wirbelthiere, welche eine Trommelhöhle haben, übereinstimmen mögen, ist es etwas Anderes mit der Bildung der Gehörknöchelchen, und gerade dieß hängt mit der Verschiedenheit des Säugethierunterkiefers von denen aller übrigen Wirbelthiere innig zusammen.

Jenes obere, nach unserer jetzigen Darstellung vor der Trommelhöhle verlaufende Stück des Meckel'schen Knorpels, wächst nämlich bei den Säugethieren in die Trommelhöhle hinein, gliedert sich in zwei Theile, und diese werden zu Hammer und Ambos, während der Steigbügel, wie es scheint, ein Auswuchs des oberen Endes des zweiten Kiemenbogens ist, dessen Rest (bei den höheren Wirbelthieren) zum Zungenbein verwandt wird.

Bei den Vögeln dagegen und den Reptilien (wenigstens gewiß bei den höheren) bildet sich der Unterkiefer bis an sein oberes oder hinteres Ende an dem Meckel'schen Knorpel hin. Auch hier geht (jedoch später als bei Säugthieren und nicht so unbedingt) der Theil des Knorpels, welcher im Unterkiefer steckt, verloren, aber nur bis an sein hinteres Ende, dieses bleibt und bildet das Gelenkstück des Unterkiefers. Von ihm gliedert sich ein oberes, nicht von dem Unterkieferknochen umhülltes Stück des Meckel'schen Knorpels los und wird, weit mächtiger als die kleinen, bei den Säugethieren aus diesem Knorpel entstehenden Knöchelchen, zum Quadratbein. Man kann also das Quadratbein wohl mit dem Ambos und das Gelenkstück mit dem Hammer vergleichen und es ist hieraus klar, weßhalb alle Wirbelthiere, welche ein Quadratbein haben, nur den Steigbügel (oder die Columella) in ihrer Trommelhöhle besitzen. Auch das ist hier zu bemerken, daß bei den drei niederen Wirbelthierklassen das Oberkiefergerüst durch die Gaumenflügelbeinverbindung immer mit dem Quadratbein verbunden zu seyn pflegt. Es hängt diese, den Säugethieren fehlende Verknüpfung offenbar damit zusammen, daß der erste Beginn des Oberkiefergerüstes, wie wir sahen, ein Ausläufer von dem ersten Kiemenbogen aus ist. Bei den Säugethieren verliert sich die Verbindung zwischen Ober- und Unterkiefergerüst, weil sich der erste Kiemenbogen gleichsam ganz aus diesem Apparate zurückzieht. — Da wir die Zähne als Verknöcherungen der Schleimhaut früher erwähnten, so wollen wir hier kurz andeuten, woher wir ein Recht zu dieser Bezeichnung derselben haben. Bei Reptilien und Fischen kommt es vor, daß die Zähne ganz einfach von der Oberfläche der Schleimhaut oder aus Gruben derselben hervorwachsen. Sie können dann später mit den Theilen des inneren Skeletes durch Verwachsung oder Einkeilung sich verbinden oder auch nicht. In diesen Fällen ist die ursprüngliche Natur sogleich klar. Bei den Säugethieren aber sehen wir die Zähne aus geschlossenen Säcken aus der Tiefe der Kiefer hervorkommen. Dennoch ist auch hier die Sache wesentlich dieselbe. Die erste Andeutung des Zahnes im Embryo ist nämlich ein weiches Höckerchen auf dem Zahnfleische. Dieß wird später umhüllt und vom Zahnfleische überwachsen, so daß es sekundär in den geschlossenen Sack zu liegen kommt. Auf dem Höckerchen bildet sich der Zahn und bricht dann später wieder aus seinem Sacke hervor.

Die Bildung der Harn- und Geschlechtswerkzeuge, die erst in neuester Zeit ihre völlige Aufklärung gefunden hat, bietet zahlreiche interessante und auffallende Verhältnisse, eine ganze Reihe von Metamorphosen, deren Kenntniß für eine gehörige morphologische Auffassung des anatomischen Baues unerläßliche Bedingung ist.

In den höheren Wirbelthieren mit Amnion und Allantois entsteht schon sehr frühe, kurz nach der ersten Bildung des Darmrohres, zu den Seiten desselben ein mächtiges Organ, das nach vorn bis zum Herzen reicht und hinten bis in das Schwanzende hinabsteigt. Es

ist dieses der sog. Wolff'sche Körper, ein drüsiges Gebilde mit zahlreichen queren Kanälchen, die ihr Sekret durch einen gemeinsamen Ausführungsgang in den untern, für Darm und Allantois gemeinsamen Abschnitt, die sogenannte Kloake, hineinführen.

Wie man durch chemische Untersuchung gefunden, ist dieses Sekret Harn mit den specifischen Salzen dieser Flüssigkeit. Die Drüse ist eine Niere, mit den charakteristischen Gefäßknäueln, den sogenannten Malpighischen Körperchen, die wir früher beschrieben haben. Sie ist aber nicht dieselbe Niere, die wir späterhin antreffen, sondern vielmehr ein Vorläufer derselben, eine Primordial- oder Urniere, die im Anfang die Stelle der bleibenden Niere vertritt.

Die letztere erzeugt sich aus einem besondern Blasteme hinter den Wolff'schen Körpern, zuerst eine Masse von bohnenförmiger Gestalt jederseits, die allmälig, während die Wolff'schen Körper sich für andere Metamorphosen vorbereiten, wächst und ihre spätere Form annimmt. Auf einer gewissen Entwicklungsstufe zeigt diese Niere, wenigstens bei den Säugethieren, ganz allgemein eine lappige Form, wie wir sie bei Cetaceen, Pinnipedien und anderen zeitlebens antreffen.

Diese Nieren bekommen ihre eigenen Ausführungsgänge (Uretheren), die hinter denen der Wolff'schen Körper herablaufen und sich in den Hals der inzwischen zu der Harnblase gewordenen Allantois inseriren.

Die Bildung der Wolff'schen Körper beschränkt sich aber nicht auf die genannten Wirbelthiere. Auch bei den nackten Amphibien geht sie vor sich, nur daß hier die Längenausdehnung derselben nach vorn mehr beschränkt ist. Auch darin unterscheiden sich diese Wolff'schen Körper, daß sie nicht verloren gehen, sondern vielmehr persistiren und im ausgebildeten Zustand in gleicher Weise funktioniren, wie während des embryonalen Lebens. Der Proceß der Rückbildung betrifft hier dagegen die den bleibenden Nieren der höheren Wirbelthiere entsprechenden Organe, die sog. Müller'schen Körper, die in dem Vordertheile der Leibeshöhle entstehen und eine Zeit lang als rundliche gelappte Drüsen mit Ausführungsgängen sich beobachten lassen.

Ueber die Bildungsgeschichte der Nieren bei den Fischen wissen wir nur wenig. Die Rochen und Haien scheinen sich dadurch den höheren Wirbelthieren anzuschließen. Sie besitzen Wolff'sche Körper, die den späteren bleibenden Nieren Platz machen. Daß aber bei den übrigen Fischen dasselbe stattfinde, ist sehr zweifelhaft. Ihre Nieren, die man wegen ihrer Lagerung und Gestalt häufig als bleibende Wolff'sche Körper gedeutet hat, müssen wir — aus Gründen, die in der Bildungsgeschichte der Genitalien eine nähere Erörterung finden werden — als Aequivalente der bleibenden Nieren bei den höheren Thieren ansehen.

Die Harnleiter der Fische münden hinter dem Darmkanale, meistens durch eigene Oeffnungen. Nur bei den Knorpelfischen fallen sie mit der Afteröffnung zusammen. Was wir bei ihnen eine Harnblase heißen, ist durch die Verschmelzung und Erweiterung der unteren Enden der Uretheren entstanden.

Offenbar beruht diese Verschiedenheit auf der Abwesenheit der Allantois bei den Fischen. Die Harnblase der übrigen Vertebraten entsteht, wie schon erwähnt wurde, eben aus dieser, entweder nur aus dem unteren, von den Leibesdecken umschlossenen Theile, oder aus der ganzen Blase, die dann niemals aus der Leibeshöhle hervorragt (nackte Amphibien). Durch die Lagerung dieses Apparates vor dem Darme wird die abweichende Ausmündung der Uretheren nothwendig.

Die Bildung der Genitalien steht mit der Entwicklung der Harnorgane in innigster Verbindung, nicht bloß in räumlicher Hinsicht, sondern auch insofern, als die Wolff'schen Körper mit ihren Ausführungsgängen bei dem Aufbau sich in direkter Weise betheiligen. Am meisten und augenfälligsten geschieht dieses, wie wir uns überzeugen werden, in dem männlichen Geschlecht, dessen Nebenhoden und Samengang wir als Ueberreste dieser Theile kennen lernen werden.

Ein Unterschied zwischen männlichen und weiblichen Theilen fehlt bis zu einer gewissen

Zeit des embryonalen Lebens vollkommen. Durch eine verschiedene Verwendung der vorschreitenden und rückschreitenden Metamorphose entwickeln sich männliche und weibliche Theile aus einer gleichen Summe gleicher Elemente.

Die keimbereitenden Organe bilden sich als eine spindelförmige Masse neben dem Innenrande der Wolff'schen Körper. Bald darauf werden auch die Ausführungsgänge angelegt, die sogenannten Müller'schen Gänge, zwei Kanäle, die neben den Ausführungsgängen der Wolff'schen Körper hinablaufen und, wie diese, sich in die Kloake inseriren.

In den weiblichen Individuen werden diese Theile zu den Ovarien und Tuben. Die Wolff'schen Körper mit ihren Kanälen gehen entweder vollständig zu Grunde oder bleiben als verkümmerte Rudimente ohne weitere physiologische Bedeutung. Als Rest des Wolff'schen Körpers trifft man in manchen weiblichen Säugethieren einen sogenannten Nebeneierstock, der dem Ovarium anliegt und z. B. bei den Kaninchen eine ziemlich ansehnliche Masse bildet. Im Menschen ist er unter dem Namen des Rosenmüller'schen Organes bekannt. Ein Ueberbleibsel der Wolff'schen Ausführungsgänge bilden die sogenannten Gartner'schen Kanäle der weiblichen Wiederkäuer, Schweine u. s. w., die sich später zu den Seiten der Urethra in den Canalis urogenitalis öffnen.

Anders aber in den männlichen Individuen. Hier wird freilich gleichfalls das Blastem am Innenrande der Wolff'schen Körper zum Hoden, aber der Ausführungsgang, der die Tuba der weiblichen Individuen darstellt, geht nach seiner Bildung wieder zu Grunde. Die Vasa deferentia entstehen aus den Ausführungsgängen der Wolff'schen Körper, deren oberes Ende sich in den Nebenhoden umbildet und in dieser Form zu größerer oder geringerer Entwicklung gelangt.

Aus dieser abweichenden Bildung der keimleitenden Apparate bei weiblichen und männlichen Wirbelthieren wird es erklärlich, warum wir so sehr häufig in dem Verlauf und der Insertion derselben geschlechtliche Verschiedenheiten antreffen.

Die nackten Amphibien machen keine Ausnahme von diesem Gesetze der Entwicklung. Auch bei ihnen wird der Wolff'sche Körper mit seinem Ausführungsgang zu Nebenhoden und Samenleiter, obgleich er daneben auch, wie erwähnt, beständig als Niere fungirt — ein anatomisches und physiologisches Paradoxon, welches nur durch die Bildungsgeschichte Licht bekommt.

Bei den Fischen, mit Ausnahme der höheren Knorpelfische, die im Anfang Wolff'sche Körper besitzen und in der Bildung der Genitalien sich den übrigen Wirbelthieren anschließen, persistirt, so scheint es, in beiden Geschlechtern der Müller'sche Gang. Wie er bei den Weibchen zum Eileiter wird, so erscheint er als Samenleiter bei den Männchen. Die völlige Trennung von uropoetischem System und Genitalapparat bestimmt uns eben zu der oben ausgesprochenen Ansicht über die morphologische Bedeutung ihrer Nieren.

Die Säugethiere zeigen uns, wie früher weiter ausgeführt wurde, einen komplexeren Bau der Genitalien, als die übrigen Vertebraten. Die weiblichen Individuen derselben besitzen außer den Eileitern noch einen Fruchthälter und eine Scheide, welche sonst fehlen. Die Bildung dieser Apparate geschieht durch eine Verschmelzung an den unteren Enden der Müller'schen Gänge, die in beiden Geschlechtern stattfindet, und von unten nach oben allmälig in verschiedener Länge fortschreitet. Bei den männlichen Säugethieren verharrt der unpaare Schlauch, der dadurch entsteht, auf einer frühen Stufe der Bildung. In vielen Fällen verschwindet er eben so spurlos, wie der obere Theil der Müller'schen Gänge, während er in anderen als ein verkümmerter, mehr oder minder großer Ueberrest aus der Zeit des fötalen Lebens, beständig bleibt. Er bildet dann den (fälschlich) sogenannten männlichen Uterus oder das Weber'sche Organ (vesicula prostatica), einen unpaaren Anhang zwischen den Mündungsstellen der Vasa deferentia, der nur in einigen seltenen Fällen (bei den Hasen) zu gewissen physiologischen Zwecken verwendet wird. In den Weibchen dagegen wächst jener Apparat sehr beträchtlich. Er verwandelt sich hier, durch Quergliederung in einen unteren

und oberen Theil geschieden, in Scheide und Uterus, dessen verschiedene, oben erwähnte Formen durch einen verschiedenen Grad der Verschmelzung sich erklären.

Auch darin zeigen die Säugethiere einen Unterschied von den übrigen Wirbelthieren mit Allantois, daß bei ihnen die Kloakbildung (in der Regel) nicht zeitlebens bleibt, sondern nur einen Durchgangspunkt für eine weitere abweichende Entwicklung darstellt. Der Hals der Harnblase oder Allantois mit den Mündungsstellen der Wolff'schen und Müller'schen Gänge (der sogenannte Canalis urogenitalis) trennt sich bei ihnen nämlich immer tiefer von dem Enddarme ab, bis er zuletzt seine eigene, vor dem After gelegene Oeffnung (orificium urogenitale) bekommt. Auch da, wo bei den Säugethieren After und Urogenitalkanal beständig ungetrennt bleiben, ist die Kloakbildung niemals so vollständig, wie bei den Vögeln oder Amphibien.

Die weiteren Metamorphosen bei weiblichen und männlichen Säugethieren können wir kurz berücksichtigen. Sie reduciren sich darauf, daß der Can. urogenitalis der letzteren an Länge sehr beträchtlich zunimmt, aber eng bleibt, bei den ersteren dagegen kurz bleibt, aber sich sehr beträchtlich erweitert, so daß er eine unmittelbare Fortsetzung der Scheide zu seyn scheint. Er bildet bei den ausgewachsenen weiblichen Säugethieren das sogenannte Atrium s. vestibulum vaginae.

Als ein besonderes Gebilde entsteht das äußere Begattungsglied der (höheren) Wirbelthiere, der Penis der Männchen, die Clitoris der Weibchen. Er ist ein unpaares Gebilde (nur bei den Eidechsen und Schlangen von Anfang an doppelt) von zungenförmiger Gestalt in dem vorderen Ende der Kloak- oder Urogenitalspalte, dicht vor der Ausmündung der Vasa deferentia.

An seiner unteren Fläche verläuft eine Längsfurche. In den Vögeln und Amphibien verharrt dieses Gebilde bei beiden Geschlechtern in dieser Form, nur daß es bei den Weibchen fast beständig kleiner bleibt, wohl gar gänzlich verloren geht. Ebenso auch bei den weiblichen Säugethieren (mit Ausnahme der Loris u. n. a.), wo nur die Lippen der Längsfurche sich mitunter — z. B. bei dem Weibe — in ansehnliche Lamellen, die sogenannten Nymphen, ausziehen.

In den männlichen Säugethieren verwachsen dagegen diese Lippen zu einem Kanale, der dann als eine unmittelbare Fortsetzung der Harnröhre mit den Samengängen erscheint. Ebenso bei den weiblichen Loris, Makis u. s. w.

Bei den letzteren befindet sich hinter dieser Ruthe, vor dem After, noch eine gesonderte Scheidenöffnung. Die Harnröhre hat sich von dem Canalis genitalis vollständig abgetrennt. In den männlichen Säugethieren bleiben beide zu einem Canalis urogenitalis beständig mit einander vereinigt, der auf der Spitze des Penis ausmündet. Die Lippen der ursprünglichen Schamspalte verwachsen mit einander in der Medianlinie und bilden dadurch den sogenannten Hodensack, dessen innere Höhle rechts und links mit der Leibeshöhle communicirt (wenn auch häufig nur während des Fötallebens) und zur Aufnahme der keimbereitenden Organe bestimmt ist.

Die accessorischen Drüsen der männlichen und weiblichen Organe bilden sich erst spät, nachdem bereits alle geschlechtlichen Verschiedenheiten entwickelt sind. Sie sind morphologisch von untergeordneter Bedeutung. —

Wir haben früher auf einige Verschiedenheiten in der Entwicklung der neugeborenen Vögel aufmerksam machen müssen. Dieselben Verschiedenheiten, zum Theil selbst in noch weit höherem Grade, finden wir auch bei den Säugethieren. Die Geburt derselben kann auf sehr verschiedenen Entwicklungsstufen stattfinden.

Hat aber die Frucht des Säugethieres die zu seiner Geburt erforderliche Entwicklung erlangt, so tritt im Uterus das Bestreben auf, sich des Eies zu entledigen. Dieses äußert sich in Anspannungen der contractilen Fasern des Uterus, welche von Zeit zu Zeit und immer häufiger werdend eintreten (Wehen). Sie werden von Zusammenziehungen der Bauch-

muskeln unterstützt. Unter diesen Einwirkungen fängt der Muttermund an nachzugeben und es wird alsbald durch den Druck des flüssigen Eiinhaltes unter dem Einflusse der Wehen eine Blase der Eihäute hervorgetrieben. Die Eihäute zerreißen, die Flüssigkeiten ziehen ab, und allmälig rückt die Frucht, mit dem Kopfe voran, ihnen nach. — Daß das Vorangehen des Kopfes bei der Geburt eine sehr verbreitete ist, steht fest. Wir dürfen deßhalb auch wohl annehmen, daß es nicht ohne Bedeutung sey. Auch möchte es vielleicht nicht schwer seyn, für das menschliche Weib und solche Thiere namentlich, welche nur ein Junges und zwar ein solches mit verhältnißmäßig sehr starkem Kopfe zur Welt bringen, einen speciellen Nutzen dieser Lage anzugeben. Es ist nämlich bekannt, daß die contractilen Fasern, wenn sie sich allmälig zusammenziehen, eine immer geringere Wirkung hervorzubringen, einen immer geringeren Widerstand zu überwinden fähig sind, je mehr sie sich schon verkürzt haben. Dieß findet hier die einfachste Anwendung. So lange noch die ganze Frucht sich im Becken der Mutter befindet, sind die contractilen Fasern noch mehr ausgedehnt, haben mehr Kraft. Ist ein Theil der Frucht über die Hindernisse des Beckens hinaus, so müssen sich die Fasern des Uterus schon weit mehr verkürzen, um noch auf den Rest wirken zu können, es wird ihre Wirkung also nothwendig eine schwächere seyn. Darum also ist es zweckmäßig, daß der Kopf, insofern er der Theil der Frucht ist, welcher am schwersten durch die Geburtswege geht, zugleich der vorderste sey.

In dem Momente, in welchem die Frucht aus der Scheide hervortritt, hängt sie noch durch die Nabelschnur mit dem Ei, aus welchem sie hervorgetreten ist, zusammen, und es wird dieses Ei oder die Eihäute (einschließlich der Placenta) rascher oder langsamer nach der Frucht geboren (Nachgeburt).

Die Verbindung zwischen Frucht und Ei scheint sehr gewöhnlich bei den Thieren dadurch aufgehoben zu werden, daß das Mutterthier die Nabelschnur abkaut und die Nachgeburt verschlingt. Indem mit der Geburt die Lungenathmung eintritt, wird die Blutbewegung durch die Placenta überflüssig. Es scheint aber nicht nur eine teleologische, sondern auch eine Causalverbindung zwischen diesen beiden Punkten Statt zu haben, indem außer anderen Umständen, welche den Eintritt des Blutes in die Nabelarterien besonders erschweren mögen, die Füllung der Blutgefäße der Lungen, welche eben jetzt eintritt, wohl für eine Zeit den Druck des Blutes in allen Arterien des Körpers vermindern muß.

Der Akt des Abkauens der Nabelschnur selbst soll indessen auch von Einfluß auf die Verhütung einer gefährlichen Blutung durch die Nabelarterien seyn. Man will beobachtet haben, daß dieselben Blutgefäße eines neugeborenen Hündchens, welche bluteten, als man sie durchschnitt, darauf, als man sie dem Mutterthiere hinhielt, von diesem abgekaut und zerrissen nicht weiter bluteten. Es ist dieß auch nicht räthselhaft, sondern es wird durch diesen Instinkt der Thiere dasselbe bewirkt, was auch der Zufall bei Zerreißung von Arterien oder die chirurgische Kunst durch die Operation der sogenannten Torsion bewirkt. Das Princip derselben besteht nämlich darin, in dem Ende einer getrennten Arterie die Entstehung von Rauhigkeiten hervorzurufen, welche die Bildung und das Anhaften von Blutgerinnseln, somit aber die Hemmung der Blutung bewirken.

Daraus nun, daß die Frucht der Säugethiere erst nach Zerreißung der Eihäute geboren wird, geht der große Vortheil hervor, welchen die Säugethiere bei diesem Akte vor den Vögeln voraus haben. Das junge Säugethier ist nicht bloß weit weniger voluminös, als das ganze Ei, sondern es schmiegt sich auch seiner Form nach bedeutend den Geburtswegen an. Der Vogel dagegen muß ein hartes rundliches Ei legen; und es enthält dieses Ei die Frucht zwar nur in erster Anlage, ist aber dadurch um nichts kleiner, da es alles Material für die Bildung desselben einschließt und den ganzen Raum enthalten muß, welchen der junge Vogel zur Zeit der Geburt einnimmt. Nur der Umstand kommt wohl dem Vogel etwas zu Gute, daß eben dieser Raum doch verhältnißmäßig zur Größe der Frucht nicht so bedeutend ist: die Nebengebilde der Frucht nehmen, wenn diese ausgebildet ist, nur wenig

Platz ein. Von diesem einen erleichternden Umstande abgesehen, ist aber aus dem Obigen wohl zu begreifen, wie wichtig der in der Skeletbeschreibung erwähnte Umstand: daß das Becken der Vögel unten offen und biegsam ist, bei dem Eierlegen wird. Weßhalb aber das Becken der Säugethiere eine größere Festigkeit nöthig hat, als das der Vögel, beruht, wie wir eben an jenem Orte gesehen haben, auf anderen Umständen, der Biegsamkeit der Lendenwirbel und daher rührender Nothwendigkeit starker Muskeln vom Becken zum Brustkorbe, verschiedenem Athmungsmechanismus u. s. w.

Mit der Ausstoßung der Jungen zieht sich der Uterus bald auf ein kleines Volumen zusammen. Die Nothwendigkeit dieser Verkleinerung ist namentlich bei einer Bildung des Mutterkuchens, wie sie der menschliche besitzt, sehr dringend. Wir wissen, daß sich in der weichen innern Haut des schwangern Uterus an einer Stelle starke Blutgefäße entwickelt haben, welche mit den Allantoisgefäßen der Frucht die Placenta als ein untrennbares Gefäßconvolut zusammensetzen. Diese ganze Placenta wird nun durch die Contractionen des Uterus von dessen Innenwand gleichsam losgeschoben. Es zerreißen also sämmtliche Blutgefäße der Mutter, welche zur Placenta gingen, oder von derselben zurückkehrten. Würden nun die offenen Mündungen derselben und würde der gesammte Gefäßapparat im Innern des Uterus nicht durch die fortschreitende Zusammenziehung desselben verengt, so wäre eine furchtbare Blutung die nächste Folge. —

Je nachdem nun der Entwicklungsgrad eines neugeborenen Säugethieres beschaffen ist, finden sich natürlich auch große Verschiedenheiten der Sorgfalt von Seiten der Eltern, welcher sie bedürfen. Indessen bringt die Natur des Säugethieres es mit sich, daß die zur Erhaltung der Jungen nöthigen Thätigkeiten bei ihnen weit weniger hervorspringen, als bei den Vögeln. Bei den letzteren bildet ja gerade die manchfaltig in willkürlichen Thätigkeiten geäußerte Sorge für die Nachkommenschaft einen charakteristischen, ihr Leben beherrschenden Zug. Bei den Säugethieren geht dagegen ein sehr wesentlicher Theil derselben Funktionen durch das unwillkürliche Wirken der plastischen Thätigkeit besonderer Organe vor sich. Der Vogel baut sich oft ein sehr künstliches mühevolles Nest, während das Säugethier das Nest für seine Eier in sich trägt; der Vogel sucht und bringt seinen Jungen die Nahrungsmittel, während diese Nahrung im Säugethiere sich bildet, wie eine Abzweigung derselben plastischen Thätigkeit, welche auch für seine eigene Erhaltung nöthig ist.

Die Mühe, welche das Säugethier davon hat, die Jungen in seinem Fruchthalter und an seinen Brüsten zu ernähren, sondert sich also äußerlich nicht von der Mühe ab, welche seine eigene Ernährung ihm macht: das Mutterthier genießt selbst erst die Nahrung, sie wird in ihm verdaut und zu Blut gemacht, sie kommt ohne alles bewußte Thun der Frucht im Uterus, mit sehr weniger Thätigkeit dem gebornen Jungen zu. Ebenso ist es mit der Brutwärme und der Vertheidigung der Frucht, so lange sie sich noch im Uterus befindet: indem die Mutter ihr eigenes Leben wehrt, ist auch das des Jungen gesichert. Wie wichtig diese Einrichtungen für die Gestaltung des Lebens der Säugethiere, wie sehr wesentlich sie vor Allem für das Gedeihen des Menschengeschlechtes in mehr als einer Beziehung sind, wollen wir nicht weitläufig auseinandersetzen.

Nach der Geburt haben manche Säugethiere außer der Muttermilch nur noch einige Leitung und Schutz gegen Feinde nöthig. Auch versteht es sich von manchen, namentlich den Cetaceen, ziemlich von selbst, daß sie ihren Jungen nichts Anderes zu leisten im Stande seyn werden. Aber auch unter den Säugethieren des Festlandes sind viele schon bei der Geburt hinreichend ausgebildet und kräftig, um keine weiteren, als die bezeichneten Ansprüche zu machen: die junge Ziege, das Kalb sind alsbald fähig, umherzulaufen. Bekannt ist die Beobachtung, daß ein Junges des Cap'schen Büffels sich schon im Augenblicke der Geburt, noch mit der Nabelschnur versehen, kräftig zur Wehre setzte.

Bei ungemein vielen anderen Säugethieren ist aber der Zustand des eben geborenen Jungen allerdings ein weit hülfloserer, manche sind nackt, blind und unfähig, sich auf ihren

Füßen zu erheben. Dieß findet sich namentlich in hohem Maaße bei vielen in Erdlöchern oder Höhlen lebenden Thieren, wie bei den Ratten, Mäusen u. s. w. Hier ist denn auch durch die geschützte Stelle, an welcher die Kleinen geboren werden, schon zu einem großen Theile für sie gesorgt; auch findet sich in diesen Löchern sehr häufig ein Lager für die Jungen vor, so daß man sie ganz wohl als Nester bezeichnen kann. Auch verschiedene größere Thiere, welche blinde Junge gebären, haben ihre Ruhestelle in Höhlen, seyen es selbstgebaute, wie der Bau des Fuchses, oder von der Natur dargebotene. So leben verschiedene wilde Hunde in Erdlöchern und mehrere Bärenarten suchen sich Felsenlöcher, hohle Bäume u. dgl. als Zufluchtsörter aus, wo ihre Jungen zur Welt kommen. Bei noch anderen kommen künstliche Bauten über der Erde vor, unter welchen die Constructionen der Biber berühmt sind. Das Nest des Eichhörnchens erinnert durch seine Stelle und seine Bauart besonders an die Nester der Vögel. In solchen geschützten Zufluchtsorten oder auch auf einem einfachen Lager werden jene unvollkommenen Thierchen herangepflegt, bis sie sich umherzubewegen vermögen. Hier genießen sie namentlich außer der Nahrung auch noch der Wärme des Mutterthieres, sie werden noch fortbebrütet, wie viele ausgekrochene Vögel ebenfalls; sie werden kalt, wenn sie längere Zeit unbedeckt liegen, und sterben, wenn dieß gar zu lange dauert. So werden die unbehülflichen Thierchen denn auch von der Mutter in das Nest oder Lager geschoben oder gehoben, wenn sie herausgefallen sind, wie man bei den Hunden leicht beobachten kann. Von der Katze ist es bekannt, wie sie ihre Jungen im Maule an solche Orte trägt, welche für ihr Gedeihen zuträglich erscheinen.

Ganz eigenthümlich allen anderen Säugethieren gegenüber gestellt ist endlich die Reihe der Beutelthiere, welche durch ihre überwiegende Zahl die Fauna von Neuholland bezeichnen. Die Ausstoßung ihrer Jungen aus dem Uterus erfolgt auf einer weit tieferen Entwicklungsstufe, als bei den übrigen Säugethieren. Namentlich ist ihre Größe außer allem gewöhnlichen Verhältniß zur Größe der Mutterthiere. Die kleinsten, welche man in dem Beutel des großen Känguruh gefunden, wogen kaum über $^{1}/_{12}$ Loth. Dennoch sind sie fähig, die zwei Funktionen zu vollziehen, ohne welche ihr Leben außerhalb des Fruchthalters unmöglich seyn würde: sie vermögen zu athmen und sich durch den Darmkanal zu ernähren. So werden sie denn alsbald in jenen Beutel, jene zweite Bärmutter, gleichsam ein dem Thiere angewachsenes Nest, gesteckt, in welche auch die Zitzen hineinragen. Jedes der kleinen Thiere erhält eine derselben in das Maul und vollbringt nun, athmend und saugend, übrigens unbeweglich, die erste Zeit seines Lebens. In einer zweiten Periode sind sie fähig, sich zu bewegen, den Beutel zu verlassen, kehren aber noch öfter dahin zurück, Schutz und Nahrung zu suchen, bis sie endlich sich selbst ernähren können. —

Hiemit sind die wichtigsten Zweige der Metamorphosen bei den Wirbelthieren angedeutet. Von den weiteren Umbildungen des Körpers, welche es bis zum sog. Alter der Reife und darüber hinaus bis zum hohen Alter erfährt, führen wir nur Einiges an, mehr zur Erinnerung, da diese Erscheinungen im Ganzen allgemein bekannt sind, indem sie stets unter unsern Augen vorgehen.

In den frühen Stadien des Lebens gehören bei den Säugethieren der Ausbruch und der Wechsel der Zähne zu den auffallenden Erscheinungen. Es ist bemerkenswerth, daß bei einigen derselben Zahnausbruch und Wechsel schon im embryonalen Leben vor sich gehen. Bei Cetaceen gibt es fötale Zähne, welche nie zum Ausbruche kommen. Die Ausbildung solcher Zähne, welche weniger Bezug zur Ernährung als zur Wehrhaftigkeit haben, wie die Stoßzähne des Elephanten, die Hauer des Ebers, ist nicht in so bestimmten Schranken gehalten, als die der übrigen. Wie die Zähne, erleiden auch Hörner, Haare und Federn manche Veränderungen während des Lebens. Dieselben zeigen sich zum Theil in enger Verbindung mit dem Geschlechtsleben, wie schon beim Menschen der Bart lehrt, welcher in der Zeit der Geschlechtsreife kommt und bei Castraten fehlt. Das periodische Geweih mancher Wiederkäuer verhält sich ähnlich, tritt nur bei den Männchen auf, wird bei Castraten monströs u. s. w. Mit dem Alter nimmt es an Vollkommenheit zu. Die allmäligen Veränderungen

der Hautbedeckungen, namentlich des Gefieders bei den Vögeln, sind nicht selten sehr bedeutend und auch hierin zeigen sich merkliche Beziehungen zu den Geschlechtsverhältnissen; bei vielen ist zur Zeit der Brunst das Gefieder besonders glänzend.

Als den wichtigsten Abschnitt in den allmäligen Umwandlungen der Wirbelthiere kann man aber wohl den Eintritt der Geschlechtsreife bezeichnen. Mit diesem Termine pflegen wir die Entwicklung des Thieres für ziemlich vollendet zu erklären. Aber allerdings ist zu dieser Zeit weder die Verknöcherung bei den Säugethieren schon ganz vollendet, noch ist auch die ganze Körpergröße schon erreicht. In letzterer Rücksicht muß man dann namentlich der niederen Wirbelthiere sich erinnern, deren Wachsthum, wenn es auch von Jahr zu Jahr geringer wird, doch sehr lange fortzugehen scheint, so daß man für diese bei Weitem weniger, als für Säugethiere und Vögel, eine Normalgröße anzugeben im Stande ist. —

Als das allgemeinste Resultat der voranstehenden Betrachtungen dürfen wir wohl die Erkenntniß bezeichnen, daß die Entwicklung der Wirbelthiere aus dem Ei nach demselben gemeinsamen Plane erfolge. In dieser Uebereinstimmung sehen wir die Aeußerung eines gleichen Kräftecomplexes bei Gleichheit der Angriffspunkte und äußeren Bedingungen. Ein Weiteres können wir gegenwärtig noch nicht daraus entnehmen: wir müssen es der künftigen Forschung überlassen, durch chemische und physikalische Analyse den speciellen Nachweis davon zu liefern, Schritt für Schritt die Phänomene der Entwicklung auf ihre geheimnißvollen Triebfedern zurückzuführen, eine Theorie der Entwicklung aufzustellen, wie wir schon jetzt eine Theorie der Respiration und anderer physiologischer Processe gewonnen haben.

Was in dieser Hinsicht für die Wirbelthiere gilt, ist auch Gesetz für die übrigen typischen Hauptabtheilungen des Thierreiches. Wie eine jede derselben durch gewisse gemeinsame Züge der Organisation sich charakterisirt, so finden wir auch in einer jeden solche gemeinsame Züge der Entwicklung.

Bevor wir es indessen unternehmen, für diese einzelnen Abtheilungen solches im Speciellen nachzuweisen, bedarf es der Bemerkung, daß unsere Kenntniß von der Entwicklung der niederen Thiere in vieler Beziehung noch lückenhaft ist, daß manche seltsame Formen in den ersten Phasen ihres Lebens sich unseren Untersuchungen bisher gänzlich entzogen, andere nur fragmentar und unzureichend sich haben erkennen lassen.

Es gibt keinen Theil unseres zoologischen Wissens, der so neu, so ausschließlich eine Errungenschaft der letzten Jahre wäre, als die vergleichende Embryologie; aber auch keinen, der in verhältnißmäßig so kurzer Zeit eine so reiche Menge des interessantesten Materiales sich angeeignet hätte.

Wir wollen es versuchen, dieses Material nach einzelnen allgemeinen Gesichtspunkten zusammenzufassen, müssen aber nochmals wiederholen, daß erst in späteren Jahren eine völlige Abrundung derselben möglich seyn wird.

Die ersten Veränderungen des Eies nach der Befruchtung sind in der gesammten Thierwelt wesentlich dieselben; es sind, wie schon früher bemerkt wurde, Veränderungen des Dotters, die in der Bildung von Zellen Aufgabe und Ziel finden. In diesen haben wir ja die elementaren Bausteine des thierischen Körpers kennen gelernt — kann es uns in Erstaunen setzen, wenn ihre Bildung dem Aufbau des Körpers vorausgeht?

Bei den Wirbelthieren entstanden diese Zellen durch eine fortschreitende Zerklüftung des Dotters, wie wir oben bemerkt haben, die in allen Fällen wesentlich denselben Charakter hatte.

Von den Arthropoden läßt sich dieser Proceß nicht überall in gleicher Weise wahrnehmen. Zwar kennen wir manche Arten (namentlich Krebse), deren Dotter ganz ähnliche morphologische Umänderungen erleidet, aber die Zahl derselben ist nur gering. In der Regel geht der Zellenbildungsproceß in anderer Weise vor sich. In den oberflächlichen Schichten des Dotters entstehen nämlich zuerst zahlreiche helle Kerne, im Anfang meist an einer circumscripten, wenig ausgebreiteten Stelle. Um diese häuft sich dann die Dottermasse allmälig in Ballen an, die gegen einander sich abgrenzen und der äußern Fläche dadurch

ein netzförmig zerrissenes Ansehen geben. Ohne daß diese Kugeln sich dann weiter theilten, umgeben sie sich bald mit einer zarten Membran und werden auf solche Weise zu kernhaltigen Zellen, die sich erst später durch endogene Zellenbildung zu vermehren scheinen.

Diese Zellenschicht ist die erste Spur des späteren Embryo, eine **Keimhaut**, die sich allmälig in die äußeren Körperhüllen umgestaltet. Indessen geht solches nicht im ganzen Umfang des Dotters zu gleicher Zeit und in derselben Weise vor sich.

Zunächst entsteht durch fortgesetzte Zellenbildung eine schmale schild- oder bandförmige Aufwulstung der Keimhaut, die von dem einen Pole des Eies bis zu dem anderen sich erstreckt, oder selbst über diesen hinaus bis auf die entgegengesetzte Fläche des Dotters sich fortsetzt. In diesem Gebilde, dem sog. **Primitivstreif** (Fig. 379 u. 380), erkennen wir sehr bald die spätere Bauchfläche der Arthropoden. Neben der Medianlinie derselben erhebt sich in gleichmäßiger Anordnung rechts und links eine Reihe kleiner Wärzchen oder querer Leisten, die an Größe allmälig zunehmen, immer mehr von der Keimhaut sich abheben und endlich in die einzelnen ventralen Segmentanhänge des Arthropodenkörpers (Antennen, Freßwerkzeuge, Extremitäten, Afterbeine u. s. w.) auswachsen. Die Bildung dieser Wärzchen beginnt an dem einen Ende des Primitivstreifens und schreitet von da allmälig nach dem andern weiter. Schon sehr frühe sind die einzelnen Paare dieser Wärzchen durch quere Furchen von einander abgesetzt. Auch auf dem hinteren Theile des Primitivstreifens, der jener Erhebungen oftmals entbehrt, entstehen bloße Furchen, die ersten Andeutungen der späteren Segmente.

Fig. 379.

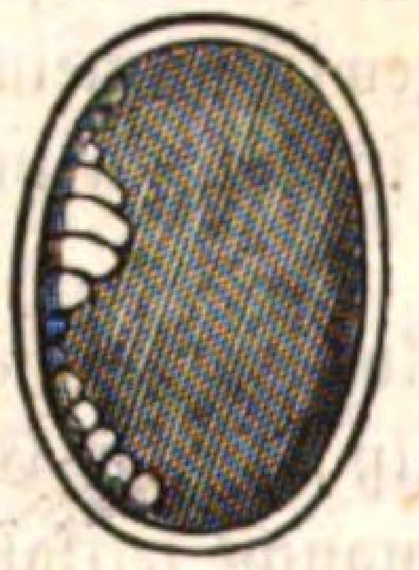


Fig. 380.



Fig. 381.



Primitivstreif des Arthropodeneies.

Indem der Primitivstreif sich immer mehr über die Keimhaut ausbreitet und den Dotter umwächst, wie die Bauchplatten der Wirbelthiere, geht die Ringelung vom Bauche allmälig auf den Rücken über, bis sich hier endlich die einzelnen Segmente in der Medianlinie schließen (vgl. den Querdurchschnitt in Fig. 381).

Während dieser Vorgänge hat sich der Dotter in die Länge gestreckt, die Kugelform mit der Gestalt eines Ellipsoids oder eines Cylinders vertauscht. Das eine Ende des Primitivstreifens, an dem die Bildung der Anhänge zuerst begann, wird zu dem Kopfende, das andere entgegengesetzte zu dem Schwanzende des jungen Thieres. Wenn beide in früheren Zeiten wegen der Ausdehnung des Primitivstreifens (über mehr als die Länge eines Meridianes) einander angenähert waren (wie bei vielen Isopoden, Fliegen, Käfern u. s. w.), so weichen sie jetzt allmälig auseinander, je mehr der Rücken an Ausbildung und Festigkeit zunimmt. In vielen Fällen aber verhindert die Enge der Eihaut eine vollkommene Längsstreckung; es behält dann der Embryo bis zu seiner Geburt beständig eine mehr oder weniger gekrümmte Lage, eine nach Außen convexe Bauchfläche.

Fig. 382.



In anderen Arthropoden ist die Lage des Embryo's im Ei gerade umgekehrt, die Bauchfläche nach innen gekrümmt. So bei den Isopoden, Myriapoden, vielen Hexapoden. Solche Verschiedenheiten stehen offenbar mit einem verschiedenen Längenwachsthum des Primitivstreifens in Zusammenhang, sind davon abhängig, ob derselbe bereits von Anfang an seine ganze Länge hat, oder sie erst allmälig bekommt. Im letzteren Falle wird sich die Bauchfläche des Embryo nach Art einer Falte in den Dotter hineinschlagen.

Wir haben erwähnt, daß die Entwicklung der Körperanhänge vom Kopfe nach dem Hinterleibsende zu fortschreite. Zuerst werden die Freßwerkzeuge, später die Extremitäten, und hier wiederum die vorderen vor den hinteren angelegt u. s. w. Ein Gleiches gilt auch im Allgemeinen von den Körpersegmenten, jedoch müssen wir dabei bemerken, daß außer den vorderen auch die hinteren früher zur vollständigen Ausbildung kommen, als die mittleren, schon deßhalb, weil dieselben in der Regel einen geringeren Umfang haben, sich also auch eher zum Schluß in der Medianlinie des Rückens vereinigen werden.

Auf die zahllosen Verschiedenheiten in der allmäligen Formentwicklung der Segmentanhänge und selbst der Segmente können wir um so weniger eingehen, als wir Einiges davon noch später kennen lernen werden. Nur das wollen wir hier anführen, daß die einzelnen Segmente häufig (übereinstimmend mit dem späteren Verhalten) schon sehr frühe mit einander verschmelzen, selbst vor ihrer vollständigen Ausbildung. Aus einer solchen sehr frühzeitigen Verwachsung nimmt z. B. der Kopf der Hexapoden seinen Ursprung.

Die ersten Spuren der Segmentanhänge haben wir oben als Wärzchen oder Querleisten bezeichnet. In ersterer Form erscheinen besonders die kürzeren Segmentanhänge, Kiefer u. a., die dann bloß in ihrer Längendimension wachsen; in der letzteren dagegen vorzugsweise die langgestreckten Beine, z. B. der Spinnen u. s. w. Diese verlängern sich in der Querachse, schnüren sich aber gleichzeitig von dem einen Ende an allmälig von dem Keime ab, so daß sie endlich nur noch an dem entgegengesetzten Ende, dem späteren Basalgliede, damit in Zusammenhang bleiben. Die Gliederung der Segmentanhänge fehlt im Anfang. Sie entsteht erst allmälig, in verschiedener Weise, je nach der späteren Form dieser Theile.

Was wir bisher von der Entwicklung der Arthropoden kennen lernten, bezieht sich nur auf die äußere Keimschicht, die wir mit dem animalischen oder serösen Blatt der Wirbelthiere vergleichen können, um so mehr, als aus ihr nicht bloß die äußeren Bedeckungen des Körpers, das Skelet, sondern auch die Muskeln desselben und die Centraltheile des Nervensystemes mit den Sinnesorganen ihren Ursprung nehmen.

Ganglien und Sinnesorgane entstehen schon sehr frühe, entziehen sich aber sehr häufig wegen ihrer Durchsichtigkeit noch eine längere Zeit dem beobachtenden Auge. Die Bildung der Gesichtsorgane geht, wie es scheint, unabhängig von der des Nervensystemes vor sich. Eine Ausstülpung, wie bei den Wirbelthieren, findet nicht Statt.

Während nun solche Veränderungen mit der äußeren animalischen Keimschicht vor sich gehen, haben sich die inneren, zunächst dem Dotter aufliegenden Zellen, die durch ihre Größe sich auszeichnen, zu einer besonderen Schicht entwickelt, die wir nach ihrem späteren Schicksale als Analogon der vegetativen Keimschicht der Wirbelthiere erkennen. Aus ihr entsteht der Darmkanal der Arthropoden. (Vgl. Fig. 381.)

Die Metamorphose dieser Schicht wiederholt im Allgemeinen die Metamorphose der äußeren animalischen Schicht, wie bei den Wirbelthieren. An der Bauchfläche entstanden, wie der Primitivstreif, umwächst sie allmälig den Dotter; sie erscheint auf gewisser Stufe der Bildung als Rinne und wird endlich zu einem Kanale, indem die beiden Ränder in der Mittellinie des Rückens sich schließen. Im vorderen und hinteren Leibesende geht auch hier diese Metamorphose früher vor sich, als in der Mitte. Oesophagus und Afterdarm sind schon zu einer Zeit vollkommen gebildet, in der der Magen noch nicht geschlossen erscheint.

Bei den höheren Crustaceen u. a. wird aber nicht die ganze Masse des Dotters von dem Darmkanale umschlossen, es bleibt vielmehr ein Theil derselben oberhalb des Darmes in der Leibeshöhle, der dann, von einer Fortsetzung der Darmhaut eingehüllt, sich allmälig in die Leberschläuche umwandelt.

Mund und After entstehen als Einstülpungen der äußeren Schicht, die bis in die Höhle des Darmkanales hindurchbrechen, der erstere früher als der letztere.

Die übrigen Eingeweide der Arthropoden: Herz, Genitalien, Tracheen, bilden sich scheinbar unabhängig von irgend einer dieser Schichten, jedenfalls aber ohne Vermittlung der vege-

tativen Schicht. Im Anfang sind dieselben solide Zellenhaufen, die erst späterhin allmälig ihre bleibende Gestalt und Anordnung annehmen. So entbehren die Tracheen längere Zeit des Spiralfadens; das Herz ist noch ohne äußere Oeffnungen, wenn es bereits pulsirt u. s. w. Männliche und weibliche Genitalien, die verhältnißmäßig spät entstehen, sind bei der ersten Anlage ganz conform, zeigen aber bald ihre späteren Verschiedenheiten in den keimbereitenden Organen und Ausführungsgängen. Sie sind ursprünglich paarige Organe, selbst da, wo sie später (wie die Hoden der Schmetterlinge, Decapoden u. s. w.) unpaar erscheinen.

Die Zeit, in welcher die jungen Arthropoden ihre Eihüllen verlassen, um ein selbstständiges Leben zu beginnen, ist außerordentlich verschieden. Ebenso verschieden ist auch der Zustand der Entwicklung, den sie zu dieser Zeit uns darbieten. Die einen sehen schon von Anfang an den elterlichen Thieren bis auf einige unbedeutende Differenzen (in der relativen Größe der einzelnen Körpertheile und Organe, der Entwicklung der Genitalien u. s. w.) vollkommen ähnlich, die anderen, die einen sog. Larvenzustand haben, eine Metamorphose *) durchlaufen, wie man sagt, sind bei der Geburt dagegen von denselben so auffallend verschieden, daß man ohne Kenntniß der Entwicklung kaum einen Zusammenhang dazwischen erkennen könnte.

Abweichungen dieser Art, die wir schon bei den Wirbelthieren antrafen, die auch in den übrigen Abtheilungen sich in derselben Weise wiederholen, müssen jedenfalls in einer verschiedenen Anordnung des Dotters vorgezeichnet und begründet seyn. Die chemische Analyse wird hier gewiß später einen tieferen Einblick verstatten. Schon jetzt ist es nicht bloß denkbar, sondern selbst sehr wahrscheinlich, daß der jedesmalige Entwicklungsgrad der neugeborenen Thiere von dem Gehalte des Dotters an plastischer Substanz abhängt. Der Embryo baut seinen Leib aus dem Inhalte des Eies. Reicht dieser für die Bedürfnisse der Entwicklung nicht aus, wird er also schon vor dem völligen Abschluß derselben erschöpft, und eröffnet sich dann nicht (wie bei den Säugethieren) in anderweitigen Veranstaltungen eine neue Quelle der Nahrung, so muß der Embryo, wenn auch noch unausgebildet, seine Eihülle verlassen, um durch eigene Thätigkeit die fehlenden Materialien herbeizuschaffen.

*) Daß diese Bezeichnung streng genommen nicht richtig ist, leuchtet ein, da ja auch alle übrigen Thiere durch eine „Metamorphose", d. h. durch einen allmäligen fortlaufenden Proceß der Formbildung und Veränderung aus dem Dotter hervorgehen. Nur dadurch zeichnen sich jene ersteren aus, daß ihre Metamorphose zum größern oder geringern Theil in die Zeit des freien und selbstständigen Lebens fällt. (So muß ich auch noch heute behaupten, obgleich mir inzwischen die Bemerkungen von V. Carus in der Zeitschrift für wissenschaftl. Zoologie, 1851, S. 359 zu Gesicht gekommen sind, in denen der Verfasser sich bemüht, den Unterschied zwischen der Entwicklung durch „einfache Differenzirung" und durch „Metamorphose" als einen morphologischen oder typischen festzuhalten. Zur Widerlegung dieser Ansicht will ich hier einfach auf die Metamorphose der nackten Amphibien verweisen, daran erinnern, wie die Metamorphose derselben in den verschiedenen Arten verschieden auffallend ist und bei manchen, bei Proteus, Siredon u. a. formell gewiß in Nichts von den Vorgängen der gewöhnlichen Entwicklung ohne freie Metamorphose „durch einfache Differenzirung" sich unterscheidet. Die Jungen dieser Thiere werden, aller Wahrscheinlichkeit nach, wie die Froschlarven, ohne Extremitäten geboren; die einzige Metamorphose derselben besteht in der Bildung dieser Anhänge, die in gleicher Weise gewiß innerhalb der Eihaut vor sich gegangen seyn würde, wenn die Jungen nicht schon vorher dieselben verlassen hätten. Aehnliches zeigen uns auch die verschiedenen Gruppen der Insekten. Das Nachwachsen der Flügel bei den jungen Heuschrecken u. s. w. fällt bekanntlich ebensowohl unter den Begriff der Metamorphose, als die auffallenderen Veränderungen der Schmetterlinge. Würde die Bildung dieser Apparate aber nach einem andern morphologischen Typus vor sich gegangen seyn, wenn die betreffenden Thiere eine längere Zeit in ihren Eihüllen verblieben wären? — Ich will mit diesen Bemerkungen den Begriff der Metamorphose keineswegs verbannen. Er hat in unserer Wissenschaft einmal das Bürgerrecht erhalten. Nur seine Beziehungen zu verwandten Begriffen will ich damit hervorheben. Gerade bei dem Ausdrucke „Metamorphose" scheint mir das um so nothwendiger, als derselbe uns aus einer Zeit überkommen ist, in der die Phänomene der Entwicklung noch vollständig unbekannt waren, in der man einen principiellen Unterschied zwischen der Entwicklung mit — freier — Metamorphose und ohne dieselbe annahm, und nach den damals herrschenden Theorieen annehmen mußte. L.)

Zu diesem Zwecke bedarf er aber der Mittel zur Bewegung und Nahrungsaufnahme, und solcher Mittel, die der jedesmaligen Organisationsstufe, der Körpergröße und den Bedürfnissen angemessen sind und deßhalb dann auch (in der Regel) nur als provisorische Einrichtungen fungiren. *) Auf der Anwesenheit dieser Apparate beruht der augenfälligste Unterschied der jungen Larven und der dazu gehörenden ausgebildeten Thiere. **) — Doch wird vielleicht unsere Ansicht noch plausibler, wenn wir sie an irgend ein bekanntes Beispiel anknüpfen.

Das junge Fröschchen hat bereits zu einer Zeit das Bildungsmaterial seines Dotters erschöpft, wo es der Extremitäten noch ermangelt, wo die Skelettheile noch weich, die Muskeln noch nicht vollständig entwickelt sind. Schon auf dieser frühen Stufe der Bildung wird es geboren. Den Anforderungen des Landlebens kann es jedoch in diesem Zustande noch nicht entsprechen. Es erscheint als Wasserbewohner. Um sich aber als solcher bewegen zu können, ist sein Hinterleib in einen Rückenschwanz verlängert. Statt der Lungen sind ihm einstweilen Kiemen gegeben, die der geringen Beweglichkeit im Wasser entsprechen. Die Metamorphose zu vollenden, bedarf das junge Geschöpf einer reichlichen Nahrung, die aus dem Thierreiche entweder gar nicht in genügender Menge oder doch nur mit großer Anstrengung und entsprechendem Stoffverbrauch sich herbeischaffen ließ. Die Larve ist deßhalb ein Pflanzenfresser, sie nährt sich von vegetabilischen Substanzen, die das Wasser in Menge bietet. Diese Nahrung bedingt aber wieder eine bestimmte Bildung der Mundapparate, des Darmkanales u. s. w., eine andere, wie sie bei der animalischen Nahrung des ausgebildeten Thieres nothwendig ist. Erst später, wenn der junge Frosch seine Extremitäten bekommen hat, wenn Skelet und Muskelmasse gehörig entwickelt sind, wenn derselbe also die Bewegung und den Aufenthalt seiner Eltern theilen kann, gehen alle jene provisorischen Ausrüstungen und Organe verloren.

Alle diese Metamorphosen wären nicht nöthig, wenn der junge Frosch bei hinreichender Dottermasse länger im Ei verweilen könnte, oder wenn der ausgebildete Frosch, statt später eine abweichende Lebensweise zu führen, in Sitten und Aufenthalt mit seiner Larve übereinstimmte, wenn er in seiner Organisation sich über dieselbe nicht erhöbe.

Ein Thier, zu dessen vollständiger Entwicklung es einer weiteren und complicirteren Reihe von Bildungsvorgängen bedarf, wird, so sieht man leicht ein, mit einem verhältnißmäßig reicheren Dottermaterial ausgerüstet seyn müssen, wenn es keine Metamorphose durchlaufen soll. Während ein Ei, dessen Dotter z. B. keinen Frosch bis zur vollständigen Ausbildung hinführen kann, für einen gleichgroßen Fisch wohl noch ausreichen würde, müßten die Vögel, wenn der Nahrungsgehalt ihrer Eier nicht in passendem Verhältniß zu den Bedürfnissen ihrer Entwicklung stände, sicherlich eine ähnliche Metamorphose durchlaufen, wie der Frosch. Dem warmblütigen Vogel wäre aber bei einer derartigen Metamorphose eine Existenz wohl kaum möglich: die Vögel müssen also, da sie nicht gleich den Säugethieren ihre

*) Das Hauptbedürfniß des neugeborenen Thieres ist das Nahrungsbedürfniß. Während die ausgebildeten Geschöpfe nur die Ausgaben ihres Stoffwechsels zu decken haben, müssen die ersteren in kurzer Zeit beträchtlich wachsen, und dieses auch da, wo sie sich nicht weiter zu metamorphosiren brauchen. Das neugeborne Thier bedarf daher einer relativ viel größeren Menge von Nahrung (oder derselben Menge bei geringeren Ausgaben), es muß auch die Mittel besitzen, diese herbeizuschaffen. Wo die späteren Mittel nicht ausreichen, müssen andere provisorische Einrichtungen in zweckmäßiger Weise getroffen sein. — Man kommt durch eine solche Ueberlegung zu der Vermuthung, daß es möglichenfalls auch Larvenformen gebe, deren provisorische Ausrüstungen nicht zum Ersatz für andere noch fehlende oder unvollkommen entwickelte Organe dienten, sondern entweder als ein Plus zu den übrigen, bereits vollständig vorhandenen und gebildeten Organen hinzukämen, oder die spätere Form derselben einstweilen ersetzten; Formen, deren Larvenorgane dann nicht durch eine frühe Geburt der Embryonen bedingt wären. Beide Fälle stimmen übrigens darin überein, daß in ihnen diejenigen Organe, die nach den Gesetzen der gewöhnlichen einfachen Entwicklung zur Zeit der Geburt vorhanden seyn würden, für die temporären Bedürfnisse des Lebens nicht ausreichen, die Anwesenheit anderer provisorischer Organe und Einrichtungen also nothwendig machen.

**) Vergl. Leuckart in der Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie 1850, S. 170.

Jungen im Innern des Leibes ernähren können (vergl. oben), ihre Eier in einer verhältnißmäßig sehr reichlichen Weise ausstatten.

Um die formelle Bedeutung jener Veranstaltungen kennen zu lernen, durch welche den vor dem vollständigen Abschluß ihrer Entwicklung geborenen Thieren (die eine sogenannte Metamorphose durchlaufen) Leben, Bewegung und Ernährung möglich wird, braucht man nur die Entwicklungsgeschichte zweier Geschöpfe zu vergleichen, welche im ausgebildeten Zustande einander sehr nahe stehen,*) aber auf verschiedener Stufe ihrer Entwicklung geboren werden. So Exogone und Polynoe unter den Würmern, oder Daphnia und Cyclops oder auch den gewöhnlichen Flußkrebs und den Hummer unter den Crustaceen. Ohne jene Verschiedenheit in der Zeit der Geburt würden z. B. die Embryonen der beiden letzteren Thiere sich jeder Zeit bis auf einige unbedeutende Abweichungen vollständig ähneln. Jetzt aber sind dieselben nicht bloß bei ihrer Geburt sehr abweichend gebaut, sondern auch sonst in den Einzelnheiten der Entwicklung keineswegs übereinstimmend. Der Hummerembryo besitzt Organe und Theile (namentlich gewisse provisorische Bewegungsorgane), die dem Embryo des Flußkrebses beständig fehlen, deren derselbe auch füglich entbehren kann, weil er zu einer Zeit, in welcher der erstere bereits sich selbst erhalten muß, noch in den Eihüllen ruht und von dem sich ernährt, was die Mutter ihm in seinem Dotter mitgegeben hatte.

Je früher sich der Embryo seiner Eihüllen entkleidet, desto auffallender wird auch im Allgemeinen die Metamorphose seyn, die derselbe nach der Geburt erleidet. Die Larvenorgane werden sich in diesem Falle natürlich weit mehr von den bleibenden Ausrüstungen des vollendeten Thieres unterscheiden müssen, als etwa da, wo der Entwicklungszustand des neugebornen Geschöpfes weiter vorgeschritten ist. Auch die physiologische Dignität der bei der Geburt noch etwa fehlenden Organe ist begreiflicher Weise für die Art der Metamorphose von größter Bedeutung, wie wir sogleich (bei den Insekten) an einem eclatanten Beispiele erkennen werden. Der junge Frosch wird, wie wir gesehen haben, durch den Mangel der Extremitäten u. s. w. zu einer Lebensweise gezwungen, die von der seiner Eltern nicht blos sich auffallend unterscheidet, sondern auch an die Ausrüstungen des Körpers noch seine ganz besonderen Anforderungen macht. Ganz anders aber wird sich das bei dem jungen Proteus verhalten, der auch ohne Extremitäten schon in derselben Weise, wie das ausgewachsene Thier, wird leben können. Hätten die Hörner der Wiederkäuer für das Leben dieser Thiere dieselbe wichtige Bedeutung, wie etwa die Beine, so würden die Jungen dieser Thiere uns sicherlich das Beispiel einer höchst sonderbaren Metamorphose vorführen, wenn sie eine selbstständige und unabhängige Existenz besitzen sollten. Nicht ohne Absicht sage ich hier, „wenn diese Thiere eine selbstständige und unabhängige Existenz besitzen sollten." Nur für eine solche haben ja die provisorischen Larvenorgane zunächst eine Bedeutung. Empfangen die jungen Thiere nach ihrer Geburt noch eine Zeitlang von den Eltern Nahrung, Schutz (und Wärme), so können diese ohne Nachtheil auch da fehlen, wo die Geburt vor vollendeter Ausbildung eintritt.**) Die jungen Thiere entwickeln sich dann auch außerhalb ihrer Eihüllen in derselben einfachen Weise, wie sie sich innerhalb derselben entwickelt haben würden. Die äußeren Verhältnisse ihres Lebens sind ja in beiden Fällen fast ganz dieselben. Wir werden

---

*) Nach den voranstehenden Bemerkungen erklärt es sich in einfacher Weise, warum die Existenz oder Abwesenheit einer Metamorphose ohne allen systematischen Werth ist. Nur die Art der Metamorphose wird von der typischen Bildung des betreffenden Thieres bestimmt, während die Anwesenheit derselben, wie wir gesehen haben, von der Ausrüstung der Eier abhängt.

**) Es kann unsere Ansicht wohl kaum beeinträchtigen, wenn wir auch unter solchen günstigen äußeren Umständen bisweilen derartige Larvenorgane antreffen. So haben die jungen Salamander im Mutterleibe Kiemen, die jungen Pipa-Larven in den Bruttaschen Schwänze u. s. w. Es erwächst aus diesem Umstande nur die neue Aufgabe, den physiologischen Werth dieser Apparate, ihre Beziehung zu der jedesmaligen Lebensform nachzuweisen. (Die Embryonen der Rochen und Haie haben ja selbst im Ei äußere Kiemen.)

später noch eine Menge von Beispielen kennen lernen, die dieses im speciellen Falle nachweisen, die uns zeigen, wie die Natur in solchem Falle durch die Gunst der äußeren Verhältnisse die Nothwendigkeit gewisser provisorischer Ausrüstungen umgangen hat. Auch die Nesthocker, die blindgebornen Säugethiere und Beutler schließen sich diesen Beispielen an. Auch sie werden vor ihrer völligen Reife geboren, mit unvollständiger Ausbildung gewisser Organe, die ein selbstständiges Leben nur durch den Besitz eines Larvenzustandes (mit provisorischen Apparaten) erlauben würden.

Wenn nun unsere Behauptung richtig ist, daß ein verschiedener Gehalt an Nahrungsmaterial im Dotter für den Grad der Entwicklung im Ei, für die Abwesenheit oder Existenz einer Metamorphose, maßgebend sey, so wird man aus der relativen Größe des Dotters schon von vorn herein auf diese Verhältnisse rückschließen können. Ein relativ größeres Ei wird einen Embryo bis zu einer weitern Entwicklungsstufe fortführen, als ein kleineres. Bei solchen Vergleichungen ist es aber nothwendig, was schon aus den früheren Bemerkungen über den Frosch sich ergibt, daß es sich nur um ähnliche Formen auf möglichst gleicher Organisationsstufe handelt,*) daß man nicht willkürlich zwei Eier von beliebigen Thieren mit einander vergleicht. Die verschiedenen Organisationen machen offenbar verschiedene Ansprüche an die plastischen Substanzen.

Sollte sich nun aber auch ergeben, daß die relative Größenverschiedenheit des Dotters hier ein sehr ungenaues Maaß sey, so würde das unsere Behauptung noch keineswegs widerlegen. Wir müssen nur daran denken, daß im Dotter mancherlei differente Stoffe sich vorfinden, Proteïnate, Fette, Salze u. s. w., die für den jungen Embryo nöthig sind. Fehlt es an einem derselben, z. B. an irgend einem Salze, so wird dem Embryo dieselbe Nothwendigkeit erwachsen, wie bei mangelndem Proteïn: er muß seine Eihüllen verlassen. Ueberdieß geht der Aufbau des Körpers (wohl überall) nur bei gleichzeitiger Aufnahme von Sauerstoff vor sich — Eier, die man in irrespirabeln Gasen u. s. w. auszubrüten versucht, sterben ab —; kann dieser durch die Eihüllen nicht mehr in hinreichender Menge geschehen, so wird ebenfalls nur durch eine frühzeitige Geburt der Nachtheil eines solchen Mangels beseitigt werden können. Auf diese letzteren Verhältnisse wird die frühzeitige Geburt wohl namentlich da zurückzuführen seyn, wo die jungen Larven in der ersten Zeit ihres freien Lebens noch des Mundes entbehren, außer Stande also, Nahrungsstoffe von außen aufzunehmen, noch eine Zeitlang von den eingeschlossenen Dottervorräthen zehren müssen.

Doch wir können noch weiter gehen, die Frage uns vorlegen, warum denn in so vielen Fällen jene unzureichende Ausstattung der Eier, die eine Frühgeburt und (gewöhnlich auch) einen Larvenzustand nothwendig macht, geschehe, welche Beziehungen zwischen dieser Einrichtung und den übrigen Lebenserscheinungen der betreffenden Thiere obwalten. Auch hierauf finden wir eine Antwort.

Wenn wir die Quantität von Dotter- (oder Ei-)substanz, die während der jedesmaligen Periode der Geschlechtsreife von einem Thiere producirt wird, als eine gegebene ansehen,

*) Vergleicht man z. B. die relative Größe der Eier bei der gewöhnlichen Kröte und der Geburtshelferkröte, oder bei dem Hummer und dem Flußkrebs, von denen die ersteren (gewöhnliche Kröte, Hummer) am frühesten ihre Eihüllen verlassen, so findet man allerdings ein Verhältniß, welches vollkommen mit unserer Annahme übereinstimmt. Das Mißverhältniß in der Größe entspricht in beiden Fällen dem Grade der Frühgeburt. Die Geburtshelferkröte hat nur wenig größere Eier, als die gewöhnliche Kröte: sie bleibt nur wenig länger in ihren Eihüllen. Weit auffallender ist die (verhältnißmäßig sehr geringe) Größe der Hummereier. Während der ausgewachsene Hummer reichlich um das Dreifache den gewöhnlichen Flußkrebs übertrifft, ist sein Ei kaum von der Größe des Krebseies. Der Hummer erleidet, wie schon erwähnt worden, eine sehr auffallende Metamorphose, während der Flußkrebs derselben entbehrt. — Auch bei den Vögeln sehen wir ganz entsprechende Verschiedenheiten in der relativen Größe der Eier. Die Nestflüchter legen ganz allgemein sehr viel größere Eier, als die Nesthocker (man vergleiche z. B. ein Hühnerei mit dem Ei eines gleich großen Tagraubvogels).

so wird sich diese natürlich über eine wechselnde Anzahl von Eiern vertheilen, je nachdem wir dieselben vollständig oder in einem verschiedenen Grade unvollständig damit ausrüsten. Wir sehen daraus, daß die freie Metamorphose ein Mittel ist, die Fruchtbarkeit der Arten zu erhöhen, daß dieses Mittel desto wirksamer ist, je früher dieselbe anhebt. Sehr natürlich müssen wir es denn hiernach finden, daß die Metamorphose hauptsächlich denjenigen Thierformen zukommt, die eine geringe Dauerhaftigkeit besitzen, kleineren Arten häufiger als den größeren, Wirbellosen häufiger als Wirbelthieren u. s. w. Auch für die Fälle von Frühgeburt ohne eigentliche Metamorphose wird unsere Behauptung Geltung haben, für die Nesthocker unter den Vögeln *) ebensowohl, wie auch namentlich für die Beutler. **)

Um die Beziehungen dieser Erscheinungen aber vollständig zu würdigen, müssen wir sie auch noch von einer andern Seite betrachten. Wir müssen uns daran erinnern, daß die Eier oder Embryonen eine Zeitlang von den Müttern umhergetragen werden, daß sie dabei einen Kraftaufwand in Anspruch nehmen, der natürlich für die eigene Bewegung verloren geht. Durch die unvollständige Ausrüstung der Eier oder die frühzeitige Geburt der Jungen wird nun dieser Zeitraum jedenfalls um ein mehr oder minder Beträchtliches abgekürzt. Für die Mehrzahl der Thiere und namentlich die kleineren Arten, die ja in Bezug auf die locomotiven Kräfte und ihr Verhältniß zu der schweren Körpermasse sehr günstig gestellt sind, mag dieser Gewinn allerdings wohl nur geringe Bedeutung haben. Aber anders ist es bei den größeren Thieren, besonders bei solchen, die einer schnellen und kostspieligen Bewegung bedürfen, um existiren zu können, um ihre Nahrung herbeizuschaffen, die ja zur Zeit des geschlechtlichen Lebens noch weniger entbehrt werden könnte, als etwa sonst. Für diese mußte es gewiß höchst nothwendig seyn, so bald als möglich sich von der hemmenden Last der Eier oder Jungen zu befreien. Und solche Thiere, Räuber, Kletterer u. s. w., sind es denn auch vornämlich, die unter den Vögeln und Säugethieren durch den hülflosen Zustand und die unvollständige Reife ihrer Jungen bekannt sind. Wie ganz anders verhalten sich in dieser Hinsicht die mit geringer Kraftanstrengung im Wasser schwimmenden Cetaceen, deren Junge schon bei der Geburt ein Dritttheil ihrer spätern Körpergröße haben.

Kehren wir indessen von diesen Versuchen, die Nothwendigkeit und Beziehungen des Larvenlebens zu erfassen, jetzt wiederum zurück zu der speciellen Betrachtung der Arthropoden, an die wir zunächst unsere Bemerkungen anknüpften. Obgleich nun diese Thiere, wie wir gesehen haben, nach den allgemeineren Umrissen ihrer Entwicklung alle unter sich übereinstimmen, zeigen sie doch durch die Abwesenheit oder den Besitz eines Larvenzustandes und die Art derselben zahlreiche sehr auffallende Differenzen.

---

*) Man darf hier natürlich nicht entgegnen, daß z. B. der Truthahn fruchtbarer sey, als der etwa gleichgroße Adler, obgleich der letztere weit unvollkommener als der erstere sein Ei verlasse. Der Truthahn findet eben durch seine Lebensweise eher Gelegenheit, eine größere Menge Eimaterial zu erübrigen (vergl. oben), als der Adler. Was ich behaupte, ist nur das, daß der Adler, wenn seine Jungen ebenso ausgebildet, als die der Hühner, ihre Eier verlassen sollten, noch weniger fruchtbar seyn könnte, als er es in der That ist.

**) Auch die Beutler führe ich hier an, weniger deßhalb, weil etwa durch die Frühgeburt derselben an Bildungsmaterial gespart wird (die Jungen ernähren sich ja nach ihrer Geburt noch ebenso gut von der Mutter, wie vorher), als vielmehr deßhalb, weil durch die Geburt derselben die Geschlechtsorgane der Weibchen für eine neue Conception wegsam werden. Die Frühgeburt erscheint hier also als Mittel, die Zahl der Schwangerschaften zu vergrößern, dadurch also gleichfalls die Fruchtbarkeit zu erhöhen. Wie groß in der That die Fruchtbarkeit der Beutelthiere (im Naturzustande) sey, wie schnell die Geburten derselben sich folgen, geht unter andern aus den Bemerkungen von Bachmann (Archiv für Naturgeschichte, 1851, I. S. 170) über das Opossum hervor. „Das Opossum," sagt er, „ist eines der fruchtbarsten Säugethiere. Ich halte die Anfänge der Monate März, Mai und Juli für die Perioden, in denen dasselbe nach einander Junge zur Welt bringt, doch ist es auch möglich, daß dieses noch öfter geschieht, da ich in allen Monaten des Frühlings und Sommers die Jungen beobachtet habe."

Die Insekten, die wir zuerst in dieser Hinsicht berücksichtigen, besitzen fast ohne Ausnahme eine Metamorphose. Wenn sie das Ei verlassen, sind sie noch nicht vollständig entwickelt, namentlich, was bei äußerer Betrachtung zunächst auffällt, ohne alle Flugapparate und die übrigen mit dem Flugvermögen in Verbindung stehenden Einrichtungen. *)

Bei einem Theile der Insekten, den Orthopteren und Wanzen, beschränkt sich die Verschiedenheit zwischen Larven und ausgebildeten Thieren im Wesentlichen auf diese Differenz, wenn wir von dem Zustande der Genitalien, die in den Larven noch nicht vollständig entwickelt sind, auch von dem der Begattungs- oder Legorgane absehen. Es sind dieses diejenigen Insekten, die auch im späteren Zustande nur selten Gebrauch von ihren Flügeln machen, sich namentlich derselben zu ihren Nahrungszwecken nicht bedienen. Der Mangel der Flugapparate wird unter solchen Umständen nur wenigen Einfluß auf die Lebensweise üben. Die Larven werden ohne Weiteres in Sitten, Aufenthalt, Nahrung u. s. w. mit den Eltern übereinstimmen können.

Bei den übrigen Insekten aber ist solches nicht in gleichem Maaße der Fall. Wie diese im ausgebildeten Zustand der Flügel nicht entbehren könnten, wenn sie die vorgeschriebene Nahrung in hinlänglicher Menge sich verschaffen sollten, so müssen sie als Larven, wo sie noch keine Flügel besitzen, eine andere Lebensweise mit anderen Sitten und Bedürfnissen führen, um ihre Existenz zu fristen, um für die späteren Umwandlungen ein hinreichendes Material zu sammeln.

Sehr allgemein sind diese Larven nun auf solche Stoffe zur Nahrung angewiesen, die nicht bloß in Menge vorräthig sind, sondern sich auch ohne große Mühe erlangen lassen, auf Blätter, Früchte, Holz, modernde thierische oder vegetabilische Substanzen u. drgl. Auch schmarotzende Insektenlarven gibt es in Menge (Schlupfwespen, Tachinen). Durch den Instinkt der Eltern finden die jungen Larven schon beim Ausschlüpfen solche Nahrungsmittel gewöhnlich in unmittelbarer Nähe; es bedarf nur sehr geringer locomotorischer Mittel, sie zu erlangen. In manchen Fällen versorgen die Eltern auch ihre Jungen während des ganzen Larvenlebens mit Nahrung (Bienen, Ameisen).

Fig. 383.



Bienenlarven, in natürlicher Größe und vergrößert.

Es ist natürlich, daß eine solche abweichende Lebensweise in dem ganzen Bau dieser Larven sich ausspricht. Sie besitzen durchgehends Kauwerkzeuge (und mitunter, je nach der Beschaffenheit und Art der Nahrung, sehr wenig ausgebildete), mag die Anordnung der Mundtheile später auch eine andere seyn. Ihre Beine sind (Fig. 85) unvollständig entwickelt, kurz und schwach, jedoch in verschiedenem Grade, wie die Lebensweise es verlangt. In manchen Fällen fehlen sie sogar vollkommen (Fig. 383).

Ich würde bloß frühere Bemerkungen wiederholen müssen, wollte ich hier nochmals auseinandersetzen, wie diese Eigenthümlichkeiten der Insektenlarven auch noch bestimmte anderweitige Anordnungen nothwendig machen, wie sie namentlich die bekannte Raupenform des Körpers bedingen (weil die Anhänge des Thorax noch nicht ihre späteren Anforderungen an die betreffenden Thoracalsegmente geltend machen), wie sie ferner in der Einrichtung der Sinnesorgane (Augen und Antennen) sich abspiegeln, indem diese nur für nahe Objekte passend eingerichtet zu seyn brauchen. Der ganze Bau solcher Larven ist der Bau von Thieren, die eine stationäre Lebensweise führen. Was sie von den späteren ausgebildeten Insekten unterscheidet, findet in der Eigenthümlichkeit dieses Lebens seine teleologische Erklärung.

Auf der andern Seite werden wir aber auch unmöglich verkennen, wie diese stationäre Lebensweise für jene Larvenzustände außerordentlich zweckmäßig ist. Um die Bedeutung dieser Erscheinung zu begreifen, brauchen wir uns nur daran zu erinnern, daß ein Thier am schnellsten und sichersten gemästet wird, wenn wir bei reichlicher Nahrung die Bewegung

*) Vergl. R. Leuckart, Archiv für Naturgeschichte 1851, I. S. 22 ff.

desselben möglichst beschränken. Jene Larven sind nun in einem ähnlichen Zustande. Sie sollen nicht bloß in kurzer Zeit sehr beträchtlich wachsen, sondern müssen auch hinreichendes Material für die spätere Metamorphose sammeln, die natürlich hier weit mehr plastische Substanzen in Anspruch nimmt, als bei den Heuschrecken und Wanzen. Die Fähigkeit zu raschen und anhaltenden Bewegungen würde nun aber unter den gegebenen Umständen nur die Folge haben, daß ein großer Theil der genossenen Nahrungsmittel für die Neubildung der in der Bewegung verbrauchten Körpersubstanz verwendet werden müßte. Für Wachsthum und spätere Metamorphose würde aber dabei nur Weniges erübrigt werden können.

Das Wachsthum der Insektenlarven ist von einer mehrmaligen **Häutung** begleitet. Die Nothwendigkeit dieser Erscheinung ergibt sich aus der physikalischen Beschaffenheit des äußern Skeletes. Nur bis zu einem gewissen Grade kann dieses wegen seiner Festigkeit den wechselnden räumlichen Bedürfnissen des Körpers sich anpassen. Bei fortwährendem Wachsthum wird es endlich ein Mal zu eng werden. Ist dieser Zeitpunkt gekommen, dann bildet sich unter der früheren Haut eine neue; die alte wird gesprengt und verlassen. Die neue Hülle, die anfangs noch weich und dehnbar ist, wird dann wieder eine Zeitlang für die Larve ausreichen.

Die verletzte Häutung bezeichnet bei den Insektenlarven den Eintritt eines neuen Entwicklungszustandes. Bis dahin blieb die Larve ohne wesentliche Veränderungen des Baues. Jetzt sprossen die Flügel hervor, im Anfang noch unter der alten Larvenhaut verborgen. Die Larve wird zur **Puppe**.

Bei den Heuschrecken und Wanzen, bei denen die ganze Metamorphose in dieser Neubildung der Flügel aufgeht, zeigen die Puppen keinerlei Abweichung in der Lebens- und Nahrungsweise. Sie theilen die Sitten und Beweglichkeit der Larven und ausgebildeten Insekten. Anders aber verhält es sich mit den übrigen Insekten, in denen mit der Bildung der Flügel auch noch mancherlei andere Umwandlungen der Mundtheile, Körpergestalt, Sinnesorgane, Eingeweide (namentlich des Darmkanales) u. s. w. eintreten müssen. Diese verfallen als Puppen in einen Schlaf, wie eine sinnige Betrachtung der Natur mit schönem Bilde es ausdrückt; der Bewegung und Nahrungsaufnahme entbehrend, kehren sie gewissermaßen in den Zustand des Eilebens zurück, in welchem die plastischen Processe ohne alle Störungen rasch und in passender Weise vor sich gehen können.

Die Möglichkeit eines Puppenschlafes ist natürlich nur dadurch gegeben, daß die Larve bei reichlicher Nahrung und beschränkter Bewegung eine beträchtliche Menge von assimilabeln Stoffen im Innern des Körpers deponirte, hinreichend für die Bedürfnisse des Lebens und der weitern Verwandlung. Wir dürfen wohl behaupten, daß bei anderer Einrichtung der Larven kein Puppenschlaf und ohne diesen keine so durchgreifende Metamorphose stattfinden könnte.

Solche Verschiedenheiten des Puppenlebens mögen es rechtfertigen, wenn man die Insekten der ersteren Gruppe als Thiere mit einer **unvollständigen Metamorphose** (insecta hemimetabola) den anderen, als Thieren mit einer **vollständigen Metamorphose** (i. metabola) entgegensetzt. Wie wenig wesentlich indessen dieser Unterschied ist, geht namentlich aus dem Umstande hervor, daß bei manchen Insekten männliche und weibliche Individuen in dieser Beziehung sehr different sich verhalten. So z. B. bei den Cochenillen und anderen Insekten mit dimorphen Geschlechtern. Die Weibchen, die zeitlebens der Flügel*) entbehren,

*) Unter den früher in einer besonderen Ordnung zusammengestellten sogenannten Aptera hat bloß der Floh eine vollständige Metamorphose. Dieses Thier besitzt, wie die Schmetterlinge u. a. in ihren Flügeln, ein wirksames Locomotionsorgan in seinen hinteren Extremitäten, das für die Erlangung seiner Nahrung ihm von großer Wichtigkeit ist. Der Gebrauch dieser Theile setzt aber eine Skeletentwicklung und Kraftleistung voraus, die bei den Larven kaum möglich ist. Sie müssen daher auf diese Locomotionsorgane verzichten, werden dadurch aber zu eine Lebensweise gezwungen, deren Abweichung in einer abweichenden Körpergestalt ihren anatomischen Ausdruck findet. — Wo die flügellosen Weibchen bei den Insekten eine Metamorphose durchlaufen, mag die Nothwendigkeit derselben in den oben (S. 645, Anm. 1) angedeuteten Verhältnissen begründet seyn.

überhaupt in Körperform den Larven sehr nahe stehen, erlangen hier ihre Vollendung durch eine allmälige Metamorphose, während die Männchen einen Puppenschlaf durchleben.

Auch die äußeren Lebensverhältnisse sind nicht ohne Einfluß. Wir kennen eine Anzahl von Insektenlarven aus der Gruppe mit vollständiger Metamorphose, die im Wasser leben. Die meisten derselben begeben sich zur Zeit der Verwandlung an's Land, um sich am Ufer zwischen Pflanzen u. s. w. zu verbergen oder in der Erde sich zu vergraben. Einige andere aber bleiben im Wasser (wie z. B. die Mückenlarven) und behalten dann als Puppen ihre frühere Beweglichkeit. Auf dem Lande würde solches kaum möglich seyn, ohne die Metamorphose zu stören und (durch die Anforderungen des mit der Bewegung verbundenen Stoffwechsels) zu beeinträchtigen; im Wasser aber, wo ja jede Bewegung mit geringerem Kraftaufwand verbunden ist, werden diese Nachtheile weit weniger hervortreten. In diesem Verhältniß erkennen wir auch den Grund, warum ein eigentlicher Puppenschlaf sich allein auf die Insekten beschränkt. Sie sind die einzigen Luftthiere, die eine wirkliche Metamorphose bestehen, und zwar auf dem Lande, ohne ihre Umgebung und das Medium ihres Aufenthaltes zu ändern.

Fig. 384.



Fig. 385.



Puppen des Seidenwurmes und der Biene.

Die Insektenpuppen besitzen bereits alle die Organe der späteren ausgebildeten Thiere. Aber alle diese Organe, Flügel, Freßwerkzeuge, Extremitäten u. s. w., sind noch nicht völlig entwickelt; sie sind namentlich noch nicht vom Körper gelöst und ohne eigentliche Gelenke. Wie die Glieder und Theile einer unvollständig ausgearbeiteten Statue haften sie mehr oder minder fest noch am Leibe. Daß aber auch in dieser Hinsicht mancherlei beträchtliche Verschiedenheiten stattfinden, davon gibt uns schon eine oberflächliche Vergleichung der Puppen eines Schmetterlings *) und einer Biene eine hinreichende Kenntniß.

Eine neue Häutung, die letzte, führt endlich die Insekten aus dem Puppenleben in den Zustand des ausgebildeten Thieres. Unter der Puppenhülle ist inzwischen die bleibende Form erstanden. Das hemmende Gewand wird abgestreift und ein vollendetes Insekt mit glänzenden Farben und leichten Schwingen erhebt sich vom Boden zu einem neuen Leben.

Die Arachniden verlassen das Ei gewöhnlich schon in ausgebildeter Gestalt. Nur sind sie natürlich sehr viel kleiner und ohne Genitalien. Erst nach einer Anzahl von Häutungen erreichen sie ihre normale Größe. Erst dann treten auch die etwaigen äußeren Geschlechtsverschiedenheiten hervor, namentlich die bekannten Formen der Taster bei den männlichen Araneen. — Nur eine Anzahl von Milben durchläuft eine Metamorphose. In den meisten Fällen beschränkt sich diese aber darauf, daß die jungen Thiere **) statt vier Beinpaaren nur deren drei (und selbst nur zwei) besitzen. Das fehlende Paar wird dann erst später gebildet und kommt bei der letzten Häutung zum Vorschein. Existiren diese Thiere nun unter solchen Umständen, wo sie mit leichter Mühe und ohne große locomotorische Leistungen sich eine hinreichende Nahrung verschaffen, so theilen die Larven die Lebensweise ihrer Eltern. Im andern Falle zeichnen sich dieselben durch besondere Sitten aus. So leben manche Milben (Trombidium, Hydrachna) im Larvenzustand als Parasiten und sind dann mitunter selbst von abweichender Körperform, namentlich mit einem rüsselförmigen Mundfortsatz versehen, der in die Bedeckungen anderer Thiere eingesenkt wird. Wie es scheint, verlieren auch manche dieser Larven nach ihrer Anheftung ihre Bewegungsfähigkeit (die ihnen ja während des Parasitismus ohne weitere Bedeutung ist) und werden zu fußlosen, festsitzenden Geschöpfen,

*) Es gibt übrigens Schmetterlingspuppen, die in der ersten Zeit weniger fest geschient sind und abstehende Anhänge besitzen, wie die Puppe der Biene.

**) Einige Milben sind auch im ausgebildeten, geschlechtsreifen Zustande nur mit zwei Beinpaaren versehen.

bis sie später mit einem ausgebildetern Locomotionsapparate die Möglichkeit einer andern Lebensweise erhalten.

Ueber die Entwicklung der Myriapoden ist erst Weniges bekannt. Nur das wissen wir, daß dieselben eine Metamorphose durchlaufen. Nach dem Ausschlüpfen besitzen sie einen kurzen Leib mit vier Segmenten und drei Beinpaaren. Erst später vergrößert sich allmälig die Zahl dieser Theile. Die neuen Segmente entstehen beständig unmittelbar vor dem letzten, ein Verhältniß, welches augenscheinlich durch die Lage des Afters am Hinterleibsende nothwendig wurde. Die jungen Larven nähren sich von modernden thierischen und vegetabilischen Stoffen, die ohne weitere Ausrüstung sich leicht herbeischaffen lassen.

Die Crustaceen durchlaufen in der Mehrzahl ihrer Formen gleichfalls eine Metamorphose, zum Theil eine sehr eigenthümliche, so daß man die Jugendzustände derselben lange Zeit unter besonderen Namen (Zoe, Nauplius, Amymone) in dem System aufführen konnte. Die Amphipoden bilden die einzige Gruppe, deren Arten bereits im frühesten Jugendzustande durchgehends den Eltern ähnlich sehen und dieselbe Lebensweise führen. An die Amphipoden schließen sich die nahe verwandten Isopoden. Die Jungen derselben unterscheiden sich von den ausgewachsenen Thieren nur durch den Mangel oder die unvollständige Entwicklung des letzten Beinpaares mit dem betreffenden Segmente. Bei einzelnen fehlen den Larven selbst die beiden letzten Beinpaare. So namentlich bei den Bopyriden, deren Junge überdieß die mit langen Borsten versehenen späteren Kiemen im Anfang als locomotorische Organe gebrauchen, durch deren Hilfe sie sich schwimmend umherbewegen, bis sie eine parasitische Lebensweise beginnen.

Amphipoden und Isopoden kommen bekanntlich in einer besondern, unter dem Leibe der mütterlichen Individuen befindlichen Bruttasche zur Entwicklung. Hier verweilen sie auch noch eine Zeitlang nach dem Ausschlüpfen, bis die Bedeckungen einen hinlänglichen Schutz gewähren. Ein eigenes von den Wänden der Bruttasche geliefertes eiweißartiges Secret dient denselben zur Nahrung. Vielleicht dringt dieses sogar in einigen Fällen schon durch die Eihüllen hindurch, den jungen Embryo mit weiterem Material zu versehen. Man hat wenigstens beobachtet, daß die jungen Thiere noch vor ihrer Enthüllung an Größe zunehmen.

Einige wenige Isopoden verlassen übrigens ihre Eihüllen zu sehr früher Zeit. So namentlich die Wasserassel, deren Embryonen bereits das Ei durchbrechen, wenn die Segmentanhänge und Segmente des Körpers kaum erst angelegt, geschweige denn ausgebildet sind. Daß aber trotzdem diese Thiere keine auffallendere Metamorphose durchlaufen, als die verwandten Arten, rührt offenbar daher, daß sie (gewissermaßen den Beutelthieren vergleichbar) in dem Inhalte der Bruttasche ohne Weiteres ihre Nahrung und damit auch das Material für ihre fernere Entwicklung finden. Die Verhältnisse, unter denen sie leben, sind von den früheren, die das Eileben bot, kaum in irgend einer Weise verschieden. Ganz anders würde es seyn, wenn diese Thiere (ebenso auch die Beutler) sogleich nach ihrem Ausschlüpfen ein selbstständiges Leben begännen. Sie müßten dann passende (provisorische) Bewegungsorgane besitzen, mit einem zweckmäßigen Prehensions- und Verdauungsapparate ausgerüstet sein u. s. w., damit sie im Stande wären, durch eigene Thätigkeit sich das zu verschaffen, was ihnen jetzt von Außen geboten wird.

Sehr ähnlich verhält es sich mit Mysis, deren Embryonen gleichfalls außerordentlich frühe ihre Eihüllen verlassen und in der Bruthöhle mehrfache, mit der Größenzunahme und der Ausbildung bestimmter Theile zusammenhängende Häutungen erdulden, bevor sie die Lebensweise der Eltern theilen können.

Solche Verhältnisse können aber natürlich nur da vorkommen, wo die Larven sich im Innern einer Bruthöhle enthüllen und hier noch längere Zeit ohne eigenes Zuthun ernährt werden. Wo dieses nicht geschieht, wo der Embryo sogleich nach seiner Geburt die Mutter verläßt, um ein eigenes freies Leben zu beginnen, da muß natürlich eine anderweitige passende Organisation die Mittel bieten, die Existenz zu fristen und die Metamorphose zu beendigen.

Und in solchem Verhältniß leben die meisten übrigen Crustaceen, die deßhalb denn auch sehr abweichende Larvenformen bieten und die manchfaltigsten Verwandlungsstadien durchlaufen, um so verschiedener und manchfaltiger, je früher sie geboren werden.

Der junge Flußkrebs, der sehr lange in seinen Eihüllen verweilt, zeigt bereits bei der Geburt die größte Aehnlichkeit mit seinen Eltern. Die Kleinheit, die Weiche der Haut, abweichende Proportionen der einzelnen Theile, namentlich des Cephalothorax und Schwanzes, die Abwesenheit der Schwanzflosse, sind die einzigen äußeren Unterschiede. Im Innern fehlt noch das Kalkgestell des Magens. Auch Leber und Genitalien sind nicht vollständig entwickelt, die Brustganglien noch getrennt. Alle diese Verschiedenheiten sind aber nicht beträchtlich genug, das junge Thier zu einer eigenen Lebensweise zu zwingen. Es bewegt sich kriechend, wie die Eltern, und theilt die Nahrung derselben.

Der Hummer wird schon früher geboren, zu einer Zeit, wo die Segmentanhänge noch unvollständig entwickelt sind. Die Afterbeine fehlen noch gänzlich, die Beine sind zu kurz und zu schwach, den Embryo zu tragen. Unfähig deßhalb, auf dem Boden zu kriechen, muß er sich schwimmend fortbewegen, und zu diesem Zwecke sind an den Beinen und (letzten) Beikiefern eigene gegliederte und am Ende mit Borsten versehene Anhänge entwickelt. Mit der freien Bewegung dieser Larven hängt auch die Entwicklung der Augen zusammen, die verhältnißmäßig früher vollendet ist, als bei dem Flußkrebs. Wenn später die Gangbeine ihre vollständige Ausbildung erreichen, gehen jene accessorischen Locomotionsorgane verloren, wenigstens an den genannten Organen, während sie an den Beikiefern unter geänderter Form, als palpenartige Anhänge, persistiren. (In anderen Krebsen, schon bei Mysis, bleiben diese Gebilde auch an den eigentlichen Extremitäten, die deßhalb wie gespalten aussehen.) In dieser Zeit erlangen auch die Kiemen, die vorher sehr klein waren, ihre normale Größe und Entwicklung, was bei dem Flußkrebs schon früher der Fall war. Offenbar ersetzen die raschen Bewegungen der (kleinen) Hummerlarve, die sie mit immer neuen Wasserschichten in Berührung bringen (auch wohl die Schwimmanhänge der Beine), die mangelnde Größenentwicklung der eigentlichen Respirationsorgane.

Fig. 386.



Noch weit auffallender ist die Metamorphose der meisten übrigen Decapoden (Galathea, Palaemon, Caridina, Pagurus, der Brachyuren). Wenn diese geboren werden, entbehren sie der späteren Gangbeine noch vollständig. Die Zahl der Segmentanhänge beschränkt sich auf Fühler, Freßwerkzeuge und Beikiefer, die an dem vordern, kurzen und breiten Körperabschnitt, dem Cephalothorax, angebracht sind. Der Schwanz ist verhältnißmäßig lang, aber dünn, ohne Afterfüße und trotz der späteren Verschiedenheiten zwischen Lang- und Kurzschwänzern im Wesentlichen überall gleich geformt. Der Cephalothorax trägt auf seinem Schilde häufig einige stachelförmige Auswüchse, die wohl die Bedeutung von Schutzorganen haben, vielleicht auch zum Balanciren bei der Bewegung dienen. Sehr gewöhnlich ist namentlich ein derartiger Stirnfortsatz, der auch in manchen Fällen (Palaemon u. s. w.) das Larvenleben überdauert.

Damit nun aber diese Larven beweglich seyen, haben die Beikiefer einstweilen die Form und Bedeutung von locomotorischen Organen. Sie sind sehr lang, wie die späteren Beine, und tragen ähnliche zum Schwimmen dienende Anhänge, wie die Extremitäten der Hummerlarve. Mit den Beinen kommen später auch die Kiemen hervor, die im Anfang noch fehlten. Sind die Beine entwickelt, so werden die früheren Schwimmorgane (auch die Stacheln des Cephalothorax) bei einer Häutung abgeworfen. Zu gleicher Zeit werden die Afterbeine gebildet, die den Segmenten des Schwanzes anhängen. Bei den Brachyuren bleibt übrigens dieser Schwanz auf einer frühen Stufe der Entwicklung stehen, während der Cephalothorax allmälig seine spätere Form

annimmt; er tritt dann in Größe immer mehr zurück und wird am Ende nach vorn umgeschlagen. — So sehr nun aber auch die eben beschriebenen Larvenformen der Decapoden von den ausgebildeten Thieren sich unterscheiden, so bilden sie dennoch keineswegs das Extrem der bei den Crustaceen vorkommenden Metamorphose. Sie werden in dieser Hinsicht von den Entomostraken noch um Vieles übertroffen. Zur Zeit der Geburt besitzen diese fast ohne Ausnahme einen ovalen, kaum gegliederten Leib mit einem einzigen einfachen Auge auf dem Scheitel und zwei oder drei Paar langbehaarten, am Ende bifurcirten Ruderfüßen. Zwischen den vorderen Ruderfüßen liegt die Mundöffnung, die von einem kleinen cylindrischen Aufsatz umgeben ist und dadurch zum Einsaugen der Nahrungsmittel geschickt wird.

Die Embryonen werden also außerordentlich früh geboren, weit früher als die Decapoden u. a., schon zu einer Zeit, wo weder Schwanz noch Freßwerkzeuge u. s. w. gebildet sind. Es bedarf einer ganzen Reihe von Häutungen und Metamorphosen, aus diesen einfachen Geschöpfen die späteren Formen der Entomostraken zu entwickeln.

Zunächst zieht sich der hintere Pol des Körpers in einen cylindrischen Fortsatz aus, der sich durch den Besitz der Schwanzborsten als Endtheil des Postabdomen zu erkennen gibt. Wo dieser in den vordern Körper übergeht, sprossen dann allmälig die bleibenden Ruderfüße hervor, kurze zweilappige Anhänge mit längeren Endborsten. Hinter der Mundöffnung bilden sich Mandibeln und Maxillen, während der Saugrüssel seine hintere Wand verliert und zur Oberlippe sich umgestaltet. Auch Rückenschild und Schale der Entomostraken entsteht erst nach der Geburt, und zwar (wie auch bei den höheren Krebsen) als eine bogenförmige Falte auf den Bedeckungen des Rückens, deren Ränder in verschiedenem Maaße, je nach den Bedürfnissen, wachsen und von dem Körper sich loslösen.

Indem nun die spätern Ruderfüße mit dem Schwanze an Ausbildung allmälig zunehmen, verlieren die primitiven Locomotionsorgane ihre anfängliche Bedeutung. Sie fallen dann einer weitern Metamorphose anheim, die nicht bloß in den einzelnen Gruppen und Arten sondern bisweilen auch in den einzelnen Geschlechtern eine verschiedene ist. Nur mitunter bleibt das eine oder andere Paar, das hintere, seltner das mittlere, seiner ursprünglichen Bedeutung getreu. In Form und Entwicklung schließt es sich dann gewöhnlich an die hinteren Ruderfüße an.

In der Mehrzahl der Entomostraken verwandelt sich das vordere Paar in ein mehr oder minder ansehnliches antennenförmiges Gebilde. Bei den schmarotzenden Siphonostomen wird es mit den beiden anderen Paaren zu Klammerfüßen. In dem merkwürdigen Gen. Pentastomum, welches man bis vor kurzer Zeit den Würmern zurechnete, haben die Larven, die niemals frei im Wasser leben, schon von Anfang an solche Klammerfüße, die nur später immer mehr sich verkürzen.



Fig. 387.

Entwicklung von Lepas.

Bei den Cirripedien (Fig. 387) verschmilzt das eine Paar dieser primitiven Ruderorgane allmälig zu einem mehr oder minder langen und weiten Haftapparate — dem Stiel (Lepas) oder Gehäuse (Balanus) —, der auf fremden Körpern sich festsetzt. Ein ähnlicher Haftapparat entsteht in vielen weiblichen Lernäaden (Fig. 333) durch eine totale oder partielle Verwachsung des letzten Krallenfußpaares.

Die Geschlechtsverschiedenheiten der Lernäaden (vgl. S. 573 u. 574) u. s. w., die später so sehr auffallend sind, treten überhaupt erst im Laufe der Metamorphose auf. Im Anfang sind männliche und weibliche Larven ganz conform gebaut. Beiderlei Individuen entwickeln sich eine Zeitlang nach dem Schema der übrigen Entomostraken, fallen aber dann in einem verschiedenen Grade der Rückbildung anheim, wie es der spätere Parasitismus dieser Thiere mit sich bringt. Die Augen, Segmentanhänge und selbst die Segmente schwinden in größerer oder geringerer Vollständigkeit, namentlich bei den Weibchen, die aber dafür in Größe sehr beträchtlich zunehmen. Mit dieser Größenzunahme steht auch wahrscheinlich die oben erwähnte weitere Umwandlung der Klammerfüße in Zusammenhang. Die einfachen Krallen vermögen allmälig nicht mehr den Körper zu tragen; sie werden durch einen neuen saugnapfartigen Apparat ersetzt, der in die Muskelsubstanz der Wirthe sich eingräbt. Wo die Klammerfüße mit den übrigen Anhängen vollständig verschwinden, bohrt sich dafür der ganze vordere Körper mit der Mundöffnung hinein.

Interessanter Weise gibt es nun aber auch einige wenige Entomostraken, die eine längere Zeit in ihren Eihüllen verweilen. Zu diesen gehören namentlich Daphnia und Cypris. Wenn diese geboren werden, theilen sie bereits im Wesentlichen die Gestaltverhältnisse der ausgebildeten Thiere. Die Entwicklung ist in sofern verschieden, als hier die primitiven Ruderorgane der übrigen Entomostrakenlarven sogleich von Anfang an ihre bleibende Form besitzen. Durch die differente Lebens- und Nahrungsweise der Embryonen (im Eie) ist jene anfängliche abweichende Bildung unnöthig geworden.

Aehnlich verhält es sich mit Nicothoe, die zu den Lernäaden gehört. Auch hier fehlen alle bei den übrigen verwandten Arten durch die Frühgeburt nothwendig gewordenen Einrichtungen. Der Embryo wird bereits mit den eigentlichen Ruderfüßen geboren, die aber späterhin verloren gehen oder verkümmern (bei den Männchen), wenn die freie Bewegung mit einer parasitischen Lebensweise vertauscht wird.

Dasselbe gilt von Limulus, dessen reife Embryonen nur durch eine geringere Anzahl der Kiemenfüße und die Abwesenheit des Schwanzstachels sich von den ausgebildeten Individuen unterscheiden.

Man sieht aus allen diesen Einrichtungen und Verhältnissen, daß die Entwicklung der Arthropoden — und dasselbe gilt auch von allen übrigen Thieren — sich beständig den äußeren Umständen, unter welchen dieselbe vor sich geht, anpaßt. Nur um diese in gehöriger Weise für die Zwecke des individuellen Lebens zu verwerthen, sind ja jene Veranstaltungen getroffen, durch welche die Metamorphose bedingt wird.

Soll nun aber die Entwicklung eines Thieres bis zur vollständigen Entfaltung aller seiner Organe hinführen, soll das Thier, mit anderen Worten, bis zur völligen Ausbildung gelangen, so bedarf es dazu gewisser äußerer Bedingungen, die allerdings für die verschiedenen Thierformen gar manchfach wechseln, im Wesentlichen aber doch in dem Gesammtbilde eines passenden Aufenthaltes, passender Nahrung, passender Temperaturverhältnisse u. s. w. sich zusammenfassen lassen.

Im Allgemeinen sind dieses dieselben äußeren Bedingungen, auf denen auch die Integrität und Erhaltung der ausgebildeten Thierformen beruht. Werden dieselben nicht in vollständigem Maaße geboten, so können die einzelnen Lebenserscheinungen nicht mehr gehörig von Statten gehen. Die Thiere beginnen zu kränkeln, und gehen zu Grunde. Dieselbe Erscheinung tritt uns nun auch bei der Entwicklung entgegen. Finden die Embryonen nicht alle Bedingungen für ihre vollständige Ausbildung, dann bleiben sie in der Entwicklung zurück, verkümmern in dieser oder jener Beziehung und fallen selbst dem Untergange anheim.

In den meisten Fällen dürfen wir solche Vorgänge als abnorm ansehen. Sie sind dann in der Lebensgeschichte der Geschöpfe nicht vorgesehen, bloße Zufälligkeiten, die immer nur einzelne, verhältnißmäßig wenige Individuen betreffen. Mitunter aber treten sie uns auch unter anderen Verhältnissen entgegen, wo wir mit solcher Anschauungsweise nicht mehr ausreichen. Wir sehen dann jene Vorgänge beständig in derselben Weise wiederkehren und erkennen ihre tiefe Bedeutung für bestimmte Zwecke des Naturhaushaltes.

Die Abtheilung der Arthropoden bietet uns mehrere auffallende Beispiele dieser Art. Wir kennen in dieser eine Anzahl von Arten, die familien- oder heerdenweise in wohlgeordneten Colonieen, in sogenannten Staaten, zusammenwohnen. Die Bienen, Ameisen, Termiten sind solche Thiere. Beobachten wir das Leben solcher Colonieen, so werden wir uns bald überzeugen, daß es andere Individuen sind, denen die geschlechtlichen Obliegenheiten und damit die Erhaltung und Vergrößerung der Colonieen übertragen sind, andere, denen die Aufgabe geworden ist, für die materiellen Bedürfnisse, Nahrung, Schutz, Verpflegung der Jungen u. s. w. zu sorgen.

Die ersteren sind männliche und weibliche Thiere, wie gewöhnlich, die anderen sogenannte G e s c h l e c h t s l o s e (Arbeiter) oder N e u t r a. Die nähere Untersuchung läßt uns die letzteren nun aber als weibliche Individuen mit unausgebildeten und verkümmerten Geschlechtsorganen erkennen, die sich nicht vollständig entwickeln konnten, weil sie als Larven in beengtem Raum und bei spärlicher Nahrung von den Arbeitern groß gezogen wurden. Die Abhängigkeit jener Verkümmerung von diesen äußeren Verhältnissen ist so evident, daß man aus den Larven solcher Neutra nach Belieben ausgebildete Weibchen produciren kann, sobald man sie frühzeitig unter andere, günstigere Verhältnisse versetzt.

Durch eine ähnliche normale Verkümmerung der Genitalien sind außerdem noch unter den Arthropoden die Blattläuse (Aphis) und Wasserflöhe (Daphnia) ausgezeichnet. Nur in den letzten Herbstmonaten finden diese Thiere alle die äußeren Bedingungen für ihre vollständige Entwicklung und namentlich für die Geschlechtsreife. Nur dann lassen sich männliche und weibliche Individuen mit allen Attributen und Einrichtungen ihres Geschlechts erkennen. Die Eier dieser Thiere überwintern und schliefen erst im kommenden Frühling aus. Die junge Brut aber bleibt geschlechtslos. Sie ist von geringer Dauerhaftigkeit und unfähig, sich bis zum Herbst zu erhalten. Durch eine anderweitige Veranstaltung muß unter solchen Umständen die Existenz und Vermehrung dieser Thiere gesichert seyn.

Diese geschlechtslosen Thiere vermögen ohne Vermittlung von Eiern und Sperma a u f s o g e n a n n t e m u n g e s c h l e c h t l i c h e m W e g e s i c h z u v e r m e h r e n. *) Anstatt der Genitalien besitzen dieselben ein eigenes Organ im Innern, einen Keimstock, der große Aehnlichkeit mit den weiblichen Generationswerkzeugen besitzt, indessen der Begattungstasche und des Befruchtungsapparates entbehrt. In den Keimröhren, die den Eierstocksröhren entsprechen, bilden sich hier nun besondere Zellenhäufchen, die man den Eiern vergleichen kann, obwohl sie des Keimbläschens und der äußeren Umhüllung

---

*) Es leidet übrigens keinen Zweifel, daß es auch noch manche andere Arthropodenformen mit geschlechtslosen Generationen gibt, die sich ganz ebenso verhalten, wie die Blattläuse und Wasserflöhe. Für einige Sackträger (Talaeporia lichenella und Psyche helix) ist dasselbe neuerlich durch v. Siebold's Untersuchungen mit überzeugender Gewißheit nachgewiesen. Die geschlechtslosen Individuen dieser Arten gleichen in ihrem Aussehen den Weibchen. Auch unter den Gallwespen (Cynips), den Phyllopoden (Artemia, Apus u. a.), den Milben u. s. w., kommen vielleicht dieselben Erscheinungen vor. Wie vorsichtig indessen alle jene zahlreichen Angaben über „Entwicklung unbefruchteter Eier" zu verwerthen seyen, zeigen u. a. die kritischen Bemerkungen v. Siebold's in der Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie I, S. 92. (Beachtenswerth scheint in dieser Hinsicht auch noch die Beobachtung, daß in vielen Fällen schon die Larven ausgebildete Eier und Spermatozoen enthalten, daß diese Larven auch mitunter, wie z. B. bei Liparis dispar, stets paarweise zusammen leben. Vielleicht reduciren sich manche jener Angaben auf eine Begattung während des Larvenlebens.)

entbehren. Diese Massen nun verwandeln sich ohne Weiteres (eine Zerklüftung ist bei einer abweichenden histologischen Struktur unnöthig) nach dem bekannten Schema in den jungen Embryo und verlassen in dieser Form das Brutorgan der Mutter.

In mehreren Generationen wiederholt sich dieser Akt der Vermehrung, bis endlich im Herbste eine Brut von geschlechtlich entwickelten Individuen auftritt, mit der das jährliche Leben dieser Thiere für eine Zeitlang abschließt.

Die Beschaffenheit dieser inneren Keime, namentlich die Abwesenheit einer äußern schützenden Hülle um dieselben, macht die Entwicklung im Innern des mütterlichen Körpers zu einer unerläßlichen Bedingung. Die geschlechtslosen Blattläuse und Wasserflöhe gebären lebendige Junge.

Wie wir schon früher angemerkt haben, ist diese Erscheinung sonst bei den Arthropoden nur selten. Die meisten dieser Thiere legen ihre Eier sehr frühzeitig nach Außen ab, kurz nach der Befruchtung. Durch mancherlei, zum Theil sehr sonderbare und auffallende, Instinkte wird denselben nicht bloß ein hinreichender äußerer Schutz, sondern auch den jungen Larven sogleich nach ihrem Ausschliefen eine passende Nahrung.

Solche instinktive Aeußerungen beobachten wir besonders bei den landbewohnenden Arten, den Insekten, zum Theil wohl deßhalb, weil die Lebensverhältnisse denselben eine sehr sorgfältige Beachtung des Schutz- und Nahrungsbedürfnisses nothwendig machten.

Unter diesen treffen wir auch die einzigen Arthropoden, die durch den Bau besonderer mehr oder minder künstlicher Nester in ähnlicher Weise, wie die Vögel, für die Bedürfnisse ihrer Nachkommenschaft Sorge tragen. Die kunstvollsten Bauten solcher Art werden von den Bienen geliefert. Diese bestehen aus zahlreichen kurzen Cylindern oder Schläuchen, den sog. Zellen, die in großer Menge parallel neben einander stehen und die Form von sechseckigen Säulen haben, offenbar die passendste, wenn es darauf ankam, an Raum und Material möglichst zu sparen. Die Wand der einen Zelle konnte bei solcher Form ohne Weiteres für die anstoßenden Zellen verwendet werden.

Das Material für diese Zellen ist sehr verschieden. Bei den Honigbienen besteht es aus Wachs, welches diese Thiere durch Veränderung des genossenen Honigs im Innern bereiten, bei den Wespen aus Holzspähnchen und anderen vegetabilischen Substanzen, die fein zerkaut und mit Speichel oder Honig zu einer papierähnlichen Masse verarbeitet werden. In anderen Fällen wird auch ein gröberes Material dazu genommen, Moos, Erde u. dgl.

Diese Zellen werden nun mit Nahrungsmitteln angefüllt und sind dann zur Aufnahme der jungen Brut geschickt. In je eine Zelle wird ein einziges Ei gelegt. Schon oben wurde übrigens beiläufig erwähnt, daß die Größe dieser Zellen verschieden sey. Die Neutra entwickeln sich in kleineren Zellen, als die männlichen Individuen, und diese wieder in kleineren, als die Weibchen, deren Zellen bei den Honigbienen eine oblonge Form haben und außer der Reihe isolirt befestigt werden (Fig. 388).

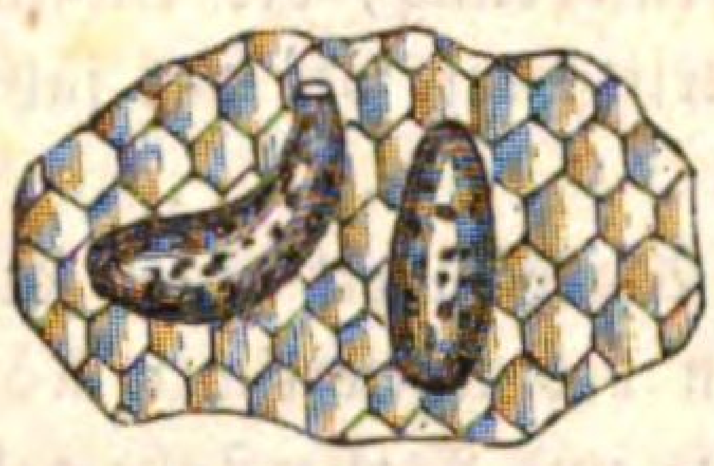
Die Zellen stehen in größerer Menge parallel neben einander. Sie bilden in solcher Weise die sog. Waben. Bei den Honigbienen sind die Waben senkrecht aufgehängt, so daß die Zellen in horizontaler Richtung liegen und eine zweite Wabe auf den Boden der ersten aufgesetzt werden konnte. Sonst liegen die Waben gewöhnlich horizontal über einander und werden durch besondere stützende Balken unter sich oder an den Wänden der äußern Umhüllung befestigt.

Zur Aufführung dieser Bauten werden von manchen Bienen hohle Bäume oder Erdlöcher aufgesucht. In anderen Fällen sind dieselben auch an irgend einem geschützten Orte im Freien aufgehängt. Dann aber wird gewöhnlich noch eine äußere gemeinsame Hülle um die Waben gebaut, mit Fluglöchern, um den Eintritt und Austritt zu gestatten (Fig. 389).

Vollständige Bauwerke dieser Art werden aber bloß von solchen Bienen angelegt, die in Colonieen zusammenleben und über zahlreiche Arbeitskräfte zu verfügen haben. Die Nester der solitären Bienen sind weit einfacher, Löcher und Höhlen in Bäumen (Fig. 390) oder Erde mit einzelnen Abtheilungen, die bald aus Holzspähnchen, bald aus anderen vegeta-

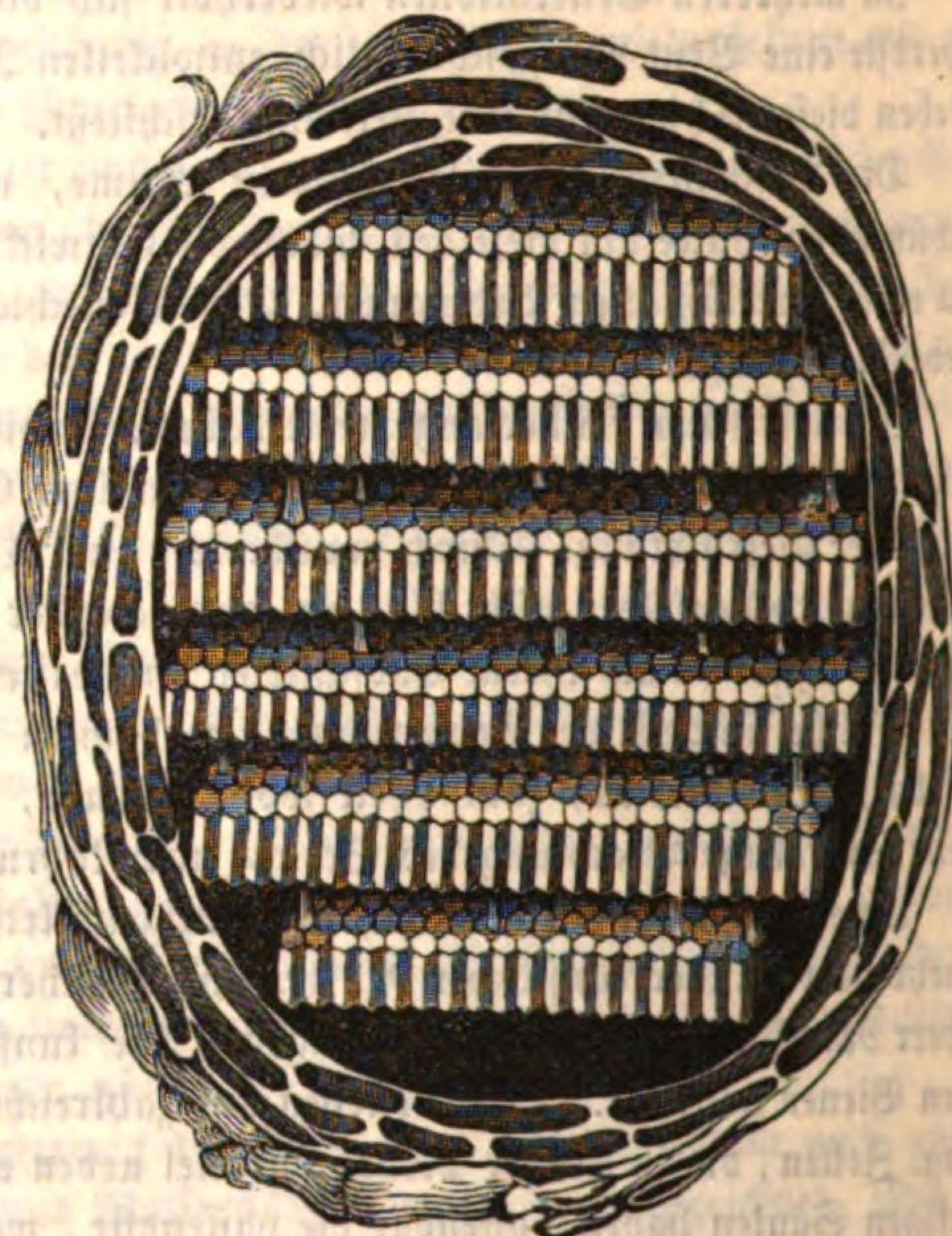
bilischen Substanzen der verschiedensten Art bestehen und die Nahrungsmittel für die junge Brut enthalten.

Fig. 388.



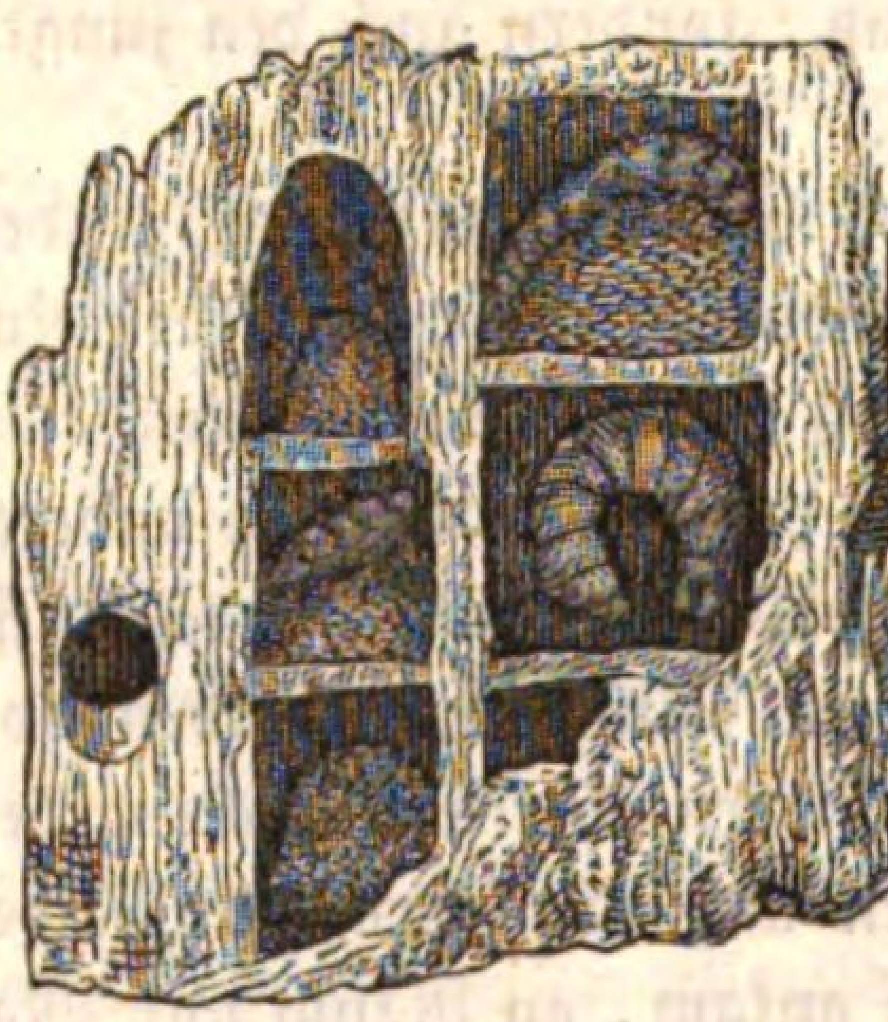
Zellen für die Königinnen (Weibchen) der Honigbiene.

Fig. 389.



Wespennest.

Fig. 390.



Nest von Xylocopa.

Wo die Eier mit einigen Nahrungsstoffen ganz einfach in der Erde verscharrt werden, wie bei manchen Grabwespen, können wir kaum noch von einem Nestbau sprechen, eben so wenig wie bei dem Pillendreher, der seine Eier in einzelne Kothballen legt, den Wasserkäfern, die ihre Eier mit einer besondern Eiweißhülle umgeben, der Cochenille, die über den Eiern abstirbt und dieselben, wie in eine Zelle, einhüllt u. s. w.

Unter den manchfachen instinktiven Aeußerungen der Brutpflege bei den Insekten, die schon seit lange die Beachtung und Bewunderung der Naturforscher und Laien erregt haben, wollen wir hier noch der Sitte der Schmarotzerbienen erwähnen, die, statt selbst Nester zu bauen, ihre Eier in die Nester anderer Bienen hineinlegen und ihre Jungen von den Vorräthen derselben sich ernähren lassen.

Die Bienennester mit ihrem Inhalt, Honig und Larven, bieten überhaupt für eine große Anzahl unausgebildeter Insekten Aufenthalt und Nahrung. Wir kennen eine ansehnliche Menge von Insekten aus den verschiedensten Ordnungen, die in ihrer Jugend als Schmarotzer die Bienennester bewohnen. Können dieselben nicht unmittelbar von den Eltern an diesen Stellen abgelegt werden, wie von den flügellosen Meloearten, so geschieht solches an Orten, welche von den ausgebildeten Bienen häufig besucht werden (z. B. in der Nähe bestimmter Pflanzen), so daß die jungen Larven Gelegenheit finden, an die Bienen sich anzuklammern und durch diese selbst in jene Nester übertragen zu werden. *)

In ähnlicher Weise legen auch die Oestrusarten ihre Eier an die Mundöffnung der Pferde u. s. w., von wo dieselben leicht in den Darmkanal gelangen können, manche lebendiggebärenden Tachinen ihre Brut an die von Grabwespen gefangenen Fliegen oder Spinnen,

*) Die große Analogie dieser Uebertragungsweise mit der zur Erklärung des Vorkommens der Eingeweidewürmer in den pflanzenfressenden Thieren oben (S. 546) angeführten Hypothese ist zu auffallend, als daß wir sie zur weiteren Unterstützung derselben nicht besonders hervorheben sollten.

die den eigenen Larven zur Nahrung dienen sollen, jetzt aber denselben zum Verderben gereichen, indem jene schmarotzende Brut diese Larven nicht bloß der Nahrung beraubt, sondern sie schließlich auch noch selbst verspeist.

Wenden wir uns jetzt von den Arthropoden zu der Abtheilung der Würmer, um die Entwicklung derselben in ihren Hauptmomenten darzustellen.

Die ersten Veränderungen des Dotters nach der Befruchtung zeigen sich hier gewöhnlich, wie bei den Wirbelthieren, unter der Form einer fortgesetzten Spaltung oder Zerklüftung, deren Grund wir wohl zunächst (abgesehen von den gleichzeitigen chemischen Veränderungen) in einer Lagenumänderung der kleinsten Dottermolekule zu suchen haben werden. Das Endziel dieses Vorganges ist die Bildung von Zellen zum Aufbau des neuen Körpers.

Bei den Cestoden und Akanthocephalen, den Trematoden und vielen Nematoden haben wir aber bisher vergeblich nach geklüfteten Dottern gesucht. Nichtsdestoweniger verwandelt sich auch hier der Dotter allmälig in einen Haufen von Zellen. Die Bildung derselben erfolgt nach einem andern Gesetze, nicht um bestimmte, aus einer Furchung hervorgegangene Dotterportionen, sondern nach dem gewöhnlichen durch Schwann bekannt gewordenen Vorgange (s. S. 14). Der Dotter verhält sich dabei ganz wie ein gewöhnliches Cytoblastem.

Beiderlei Zellenbildungsprocesse sind indessen wohl nicht so sehr verschieden, wie es auf den ersten Anblick erscheinen möchte. Es geht dieses schon daraus hervor, daß sie bei ganz nahe stehenden Thieren, z. B. vielen Arten des Gen. Ascaris, einander vertreten können.

Wo übrigens eine Dotterklüftung bei den Würmern vorkommt, ist sie beständig, wie es scheint, eine totale. Der Dotter zerfällt dabei in zwei, vier u. s. w. vollständig von einander abgetrennte Stücke. Die Bildung dieser Ballen geht aber nicht in allen Fällen mit jener Regelmäßigkeit vor sich, wie bei den Wirbelthieren. Es ist vielmehr sehr häufig (namentlich bei den höheren Formen der Würmer, den Borstenwürmern und Blutegeln), daß nach der Entstehung der ersten (4) Furchungskugeln der Proceß der Klüftung an einer bestimmten oberflächlichen Stelle der übrigen Dottermasse vorauseilt. Auf solche Weise entsteht nun schon sehr frühe an dieser Stelle eine Schicht von ausgebildeten Zellen, bereits zu einer Zeit, wo der gesammte übrige Dotter noch in einige wenige große Furchungskugeln zerfallen ist.

Während diese nun allmälig den Furchungsproceß fortsetzen, breitet sich jene Zellenschicht immer weiter aus und umschließt endlich den gesammten Dotter. Die weniger entwickelten Kugeln gelangen dadurch in das Innere. Sie entwickeln sich später zu dem Darme, während die äußeren Zellen in die animalischen Organe des Körpers sich umwandeln. Die Stelle, an der diese Zellen zunächst entstanden, entspricht der späteren Bauchfläche des Embryo. Jene Würmer entwickeln sich also, wie die Arthropoden, von einem Primitivtheil aus.

In den anderen Würmern mit regelmäßiger Dotterklüftung oder auch ohne alle Klüftung läßt sich solches nicht mit gleicher Bestimmtheit nachweisen. Auch hier bleiben freilich die centralen Dotterkugeln, aus denen die vegetativen Organe entstehen, allmälig in ihrer Entwicklung etwas hinter den peripherischen zurück, allein die Umbildung dieser letzteren in die peripherischen Körpertheile geht gewöhnlich an allen Stellen ganz gleich und zu derselben Zeit vor sich. Nur hier und da scheint sich im Anfang die Bauchfläche durch eine beträchtlichere Dicke auszuzeichnen (z. B. bei Gordius).

Die gesammte Dottermasse der Würmer wird in den Embryo verwandelt, wie bei den Arthropoden. Sie streckt sich allmälig und nimmt immer mehr die Gestalt des späteren Körpers an. Wo dieser im Verhältniß zum Dotter sehr lang ist, aber dennoch in den Eihüllen gebildet werden soll, bekommt der Dotter durch eine Einbuchtung am Rücken (wie wir es gleichfalls bei vielen Arthropoden angetroffen haben) im Anfang eine Bohnenform, die durch fortgesetzte Längsstreckung sich dann weiter verändert. In solchen Fällen hat der Embryo — je nach den räumlichen Verhältnissen der Eihaut und der Körperlänge — sehr häufig eine mehr oder minder zusammengewundene Lage (z. B. bei den Nematoden).

In der specielleren Bildungsweise des Körpers aus dem Dotter zeigen die einzelnen Gruppen der Würmer indessen so beträchtliche Verschiedenheiten, daß es unmöglich ist, dieselben im Zusammenhang zu betrachten. Die einen entwickeln sich bereits im Ei beinahe vollkommen zu der späteren bleibenden Gestalt, die anderen durchlaufen eine mehr oder minder auffallende Metamorphose.

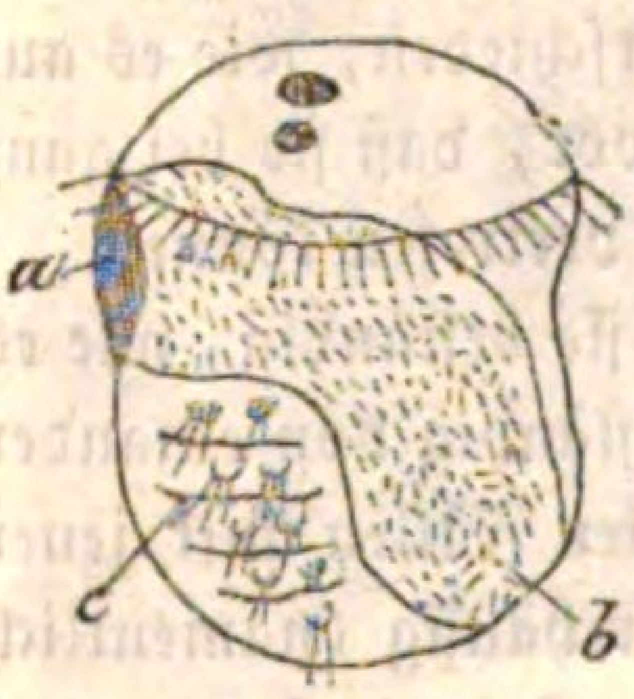
Zu diesen letzteren Würmern gehören zunächst die Kiemenwürmer, die in der Regel, wie es scheint, außerordentlich frühe ihre Eihüllen verlassen und bereits zu einer Zeit ein selbstständiges Leben beginnen, in der sie noch ohne alle Aehnlichkeit mit den ausgebildeten Thieren sind. Gewöhnlich geschieht dieses unmittelbar nachdem der Primitivtheil den ganzen Dotter umwachsen hat. Der Embryo hat dann eine sphärische und ovale Gestalt und trägt in seiner Mitte (mitunter auch noch an seinem hintern Ende) einen Gürtel von Cilien, durch deren rudernde Bewegung er im Wasser sich umhertummelt. Dieser Gürtel theilt den Embryo in eine obere und untere Hälfte, die im Anfang einander gleich sind. Aber bald zeigt sich eine auffallende Verschiedenheit zwischen beiden. Die obere verwandelt sich in den augentragenden Scheitel, der zuerst wie ein Buckel hervorragt, während der untere sich streckt und zum Analsegment mit dem After wird. Der Mund bildet sich als eine Querspalte dicht unter dem Wimpergürtel des Scheitels. Zwischen ihm und dem Analsegmente entstehen nun durch fortgesetzte Streckung und Quergliederung die übrigen Körperringe mit ihren Borstenfüßen, die vordern zuerst, die hinteren zuletzt (Fig. 392). In anderen Fällen scheint sich die hintere Körperhälfte noch vor der Segmentbildung sehr stark in die Länge zu strecken, und sich in der Mitte mit einem neuen Wimperkranze zu umgürten, der den vordern überdauert. Späterhin begrenzt dieser Wimperkranz bei solchen Larven die vordere und hintere Körperhälfte, die beide gegliedert sind, von denen die vordere aber in ihrer Entwicklung (Anwesenheit der Borstenfüße) vor der hintern voraus ist.

Fig. 391.



Larve von Polynoe.

Fig. 392.



Larve einer Nereide.
a Mund; b After; c Segmente mit den Borstenfüßen.

In allen diesen Fällen dauert es übrigens eine gewisse Zeit, bevor der junge Kiemenwurm seine spätere bleibende Form und Ausrüstung annimmt. Die Tentakel und Cirren, Kiemen und Blutgefäße bilden sich erst später, nachdem bereits eine gewisse Anzahl von Segmenten vorhanden ist. Sie scheinen dabei eine bestimmte Reihenfolge von vorn nach hinten einzuhalten. Nur die Analanhänge entstehen schon in früher Zeit.

Wenn der junge Wurm eine hinreichende Länge besitzt, um seiner Segmente und Segmentanhänge sich mit Erfolg zur Locomotion zu bedienen, verschwinden allmälig die früheren Larvenorgane. Zu diesen gehören vornämlich die Wimpergürtel, die in manchen Fällen auch noch von besonderen, an den Borstenfüßen vorkommenden Flimmerbüscheln (die man noch nach dem Verlust der Wimpergürtel eine Zeitlang wahrnimmt) oder einem noch vollständigern Flimmerkleide unterstützt werden. Manche Larven (von Hermella u. a.) haben auch, wie es scheint, in früher Zeit eigene provisorische Borstenbüschel von sehr beträchtlicher Länge, die als kräftige Ruderorgane zu wirken im Stande seyn möchten. Bei den Kopfkiemern, die sich im Anfang von den Larven der Rückenkiemer kaum unterscheiden, gehen später auch die Augen verloren, wenn dieselben ihre freie Lebensweise mit der sessilen (nach Bildung des äußern Gehäuses) vertauschen. — Es gibt aber auch Anneliden, die durch den Aufenthalt der jungen Larven im Innern des mütterlichen Leibes (Eunice) oder in besonderen den Mutterthieren anhängenden Säcken (Exagone, Cystonereis) einer solchen auffallenden Metamorphose überhoben sind. Bei diesen gliedert sich der Primitivtheil (wie bei den Arthropoden) noch vor der vollständigen Umwachsung des Dotters in eine Anzahl von (4—6) Segmenten, so daß die Jungen schon bei der Geburt den späteren Thieren ähnlich

Fig. 393.



Embryo von Exagone.

sehen, um so mehr, als dann auch Cirren, Tentakel und Afterborsten bereits hervorgesproßt sind. Daß unter solchen Umständen das ganze erste Stadium der Entwicklung, welches durch die Ciliarbewegung charakterisirt ist, fehlt, wird uns nicht überraschen. Jene embryonalen Gebilde waren ja nur einem solchen Geschöpfe nothwendig, welches nach seinem Entwicklungsgrade keine anderweitigen Bewegungsapparate besitzen konnte. Bei Exagone findet sich allerdings eine zarte Ciliarbekleidung der Bauchfläche, allein sie beschränkt sich auf das Eileben und ist für eine freiere Locomotion nicht ausreichend. Die einzigen Veränderungen dieser Würmer bestehen vornämlich in der Vermehrung der Körpersegmente, die in derselben Weise, wie bei den übrigen Kiemenwürmern, durch Neubildung vor dem Analsegmente stattfindet. Auch die Kiemen fehlen noch eine längere Zeit, namentlich bei Eunice. (Das Gen. Lumbriconereis umfaßt die kiemenlosen Jungen von Eunice.)

Die Regenwürmer, denen der eiweißartige Inhalt ihres Cocons eine Zeitlang Nahrung bietet, sind in der Entwicklung noch viel weiter vorgeschritten, wenn sie ein freies Leben beginnen. Die Zahl ihrer Körpersegmente ist dann bereits sehr bedeutend, wenn gleich noch immer nicht vollständig. Nur der Mangel der Genitalien (und des Gürtels) unterscheidet die Jungen von den ausgebildeten Thieren.

Auch die jungen Nematoden sind bloß durch Geschlechtslosigkeit und Kleinheit von ihren Eltern verschieden. Mitunter (Gordius) besitzen sie aber auch eine eigenthümliche Kopfbewaffnung, die bei den späteren Wanderungen zum Einbohren in andere Thiere dienen wird. Wann sie auf diesen Wanderungen sich etwa verirren, d. h. an Orte gerathen, die nicht alle Bedingungen für ihre vollständige Ausbildung bieten, so bleiben sie klein und geschlechtslos oder degeneriren sogar in gewisse sonderbare Bildungen, die man unter dem Namen der Gregarinen lange Zeit für selbstständige Thiere gehalten hat (s. unten). Solche Individuen sind es auch, die unter dem Namen Trichina spiralis aus dem Muskelfleische des Menschen und anderer Wirbelthiere bekannt sind.

Fig. 394.



Allmälige Entwicklung der Körperform bei den Spulwürmern.

Nicht in allen Ringelwürmern beschränkt sich übrigens die Vermehrung auf die geschlechtliche Fortpflanzung. Einige dieser Thiere (unter den Lumbricinen, Lumbriculus, Nais, Chaetogaster, Aeolosoma, unter den Kopfkiemern Filograna, unter den Rückenkiemern Syllis, Myriadine) besitzen außerdem noch die Fähigkeit der geschlechtslosen Vermehrung, die sich freilich, wie es scheint, nur auf die Dauer des ungeschlechtlichen Lebens beschränkt.

Die früheren Beobachter glaubten die geschlechtslose Vermehrung dieser Würmer aus einer einfachen Quertheilung herleiten zu müssen. Ein solches Thier, so behaupten sie, schnüre sich zwischen zweien Ringeln allmälig immer tiefer ein, bis zur vollständigen Abtrennung, die aber erst dann erfolge, wenn das hintere Theilstück einen Kopf bekommen habe. Das vordere Theilstück ersetze später seine Schwanzglieder, um sich zu einem neuen vollständigen Individuum zu integriren.

Fig. 395.



Syllis prolifera.

Wir wissen aber jetzt, daß dieser Proceß nicht ganz so einfach ist, daß die Quertheilung dabei gewöhnlich nur eine untergeordnete Rolle spielt. Das Hauptmoment ist vielmehr in der Regel die Entwicklung einer Knospe in der Continuität des Wurmes, eine Neubildung ähnlicher Art, wie sie auch bei der Vermehrung der Körperringel stattfindet. Nur durch ihre ferneren Schicksale unterscheidet sich diese Neubildung: sie trägt den Keim für eine weitere Entwicklung in sich, wird zu einem selbstständigen Individuum, statt zu einem Segmente.

In der Mehrzahl der Fälle schiebt sich diese Knospe etwa in der Mitte des Leibes zwischen zwei an einander anstoßende Ringe ein, so daß dann der ganze Körper dadurch in drei Theilstücke zerfällt, die alle drei zu selbstständigen Thieren auswachsen. Das vordere regenerirt sein Körperende, das hintere bekommt Kopf und Halsringel, das mittlere, die Knospe, wird in ganzer Masse zu einem neuen Thiere mit Kopfende, Segmenten und Afterglied. Die Entwicklung der Segmente bei dem letztern findet in ähnlicher Reihenfolge statt, wie bei der Entwicklung aus dem Ei. Nur darin findet sich ein Unterschied, daß die Bildung des Kopfes nicht vorausgeht, sondern erst später erfolgt.

Noch bevor sich aber diese drei Individuen von einander getrennt haben, entsteht vor dem mittlern gewöhnlich eine neue Knospe, vor dieser eine dritte u. s. w., so daß man mitunter eine ganze Kette von zusammenhängenden Individuen antrifft, die — mit Ausschluß des vordern — an Ausbildung von hinten nach vorn abnehmen.

Der Darm dieser Thiere bleibt bis zur vollständigen Trennung in ununterbrochenem Zusammenhang. Das vorderste Individuum muß durch hinreichende Nahrung die Bedürfnisse aller übrigen befriedigen.

Wie wir uns später überzeugen werden, beschränkt sich die Fähigkeit der ungeschlechtlichen Vermehrung übrigens nicht auf diese Würmer. Sie ist vielmehr sehr viel weiter verbreitet und tritt mitunter in einer noch mehr auffallenden Form uns entgegen. Doch darüber später. Kehren wir einstweilen wieder zu der gewöhnlichen Entwicklung aus dem Ei zurück.

Die Hirudineen schließen sich durch den Mangel einer Metamorphose an die Regenwürmer an. Sie entstehen mit allen ihren Theilen (nur die Genitalien sind ausgenommen) bereits im Ei. Nicht einmal eine spätere Neubildung von Segmenten ist ihnen nöthig. Die Körperringe werden von Anfang an in voller Zahl angelegt.

Eine Auszeichnung des Embryo besteht in einem zarten Flimmerepithelium, das den Umkreis der Mundöffnung umgibt und eine Zeitlang hinreicht, den Körper in langsam rotirender Bewegung zu erhalten. Mund und Oesophagus entstehen übrigens schon frühe, zeigen auch schon frühe Schluckbewegungen, um die eiweißartige, im Cocon enthaltene Flüssigkeit in das Innere aufzunehmen.

Daß es die Ausstattung der Eier mit Eiweiß sey, die bei den Egeln (und Lumbricinen) die Abwesenheit einer Metamorphose gestattet, dürfen wir wohl um so bestimmter vermuthen, als wir sehen, daß die Embryonen des Gen. Clepsine, die jener Ausstattung fast vollkommen entbehren, zu einer sehr viel frühern Zeit als dicke, cylindrische Würmchen ohne Saugnapf und Augen, Blutgefäße, Darmanhänge und After geboren werden. Trotzdem aber erleiden diese Thiere keine eigentliche Metamorphose, doch wohl nur deßhalb, weil sie nicht sogleich ein freies Leben beginnen, sondern bis zur völligen Entwicklung an der untern Körperfläche der Mutter, wie in einer Art Brutsack, verweilen und Nahrung finden.

Die Embryonen der Nemertinen sind einfache ovale Körper mit einer Ciliarbekleidung, in deren Innern man schon frühe den Rüssel unterscheiden kann.[1] Sie entwickeln sich ohne eigentliche Metamorphose. Namentlich gilt dieses für die lebendig gebährenden Arten (Tetrastemma obscurum). In anderen Fällen erscheint die frühere Larvenhaut als ein provisorisches Gebilde, das später abgestreift wird, nachdem sich unter derselben die bleibende Form entwickelt hat.

Auch die Planarien entbehren in der Regel der Metamorphose, wenigstens dann, wenn die Embryonen, wie gewöhnlich, im Innern eines (nahrungshaltigen) Cocons (Planaria) oder in der Leibeshöhle des Mutterthieres (Mesostomum) sich entwickeln. Flimmerorgane und Oesophagus sieht man schon frühe in Thätigkeit. Der letztere führt den Embryonen aus dem Inhalte des Cocons eine hinreichende Nahrung zu. In anderen Fällen, wenn die Embryonen schon früher geboren werden, kommt aber auch ein förmlicher Larvenzustand mit provisorischem Locomotionsorgane vor, mit einem Flimmerkranz, der senkrecht auf der Längsachse steht und eine Anzahl kolbenförmiger Körperfortsätze überkleidet.

Bei vielen Planarien ohne Metamorphose, namentlich den kleineren sogenannten Rhabdocoelen, findet sich vor der Geschlechtsreife auch noch eine ungeschlechtliche Vermehrung durch Quertheilung. Eine ringförmige Einschnürung gliedert den Körper in zwei Stücke, ein vorderes und ein hinteres, die allmälig wachsen und zu zweien Individuen werden, indem sich das hintere sehr bald mit Augenflecken und Mundöffnung versieht. Mitunter (Microstomum lineare) theilen sich diese zwei Individuen schon vor der Trennung zum zweiten Male. Selbst eine nochmalige Theilung hat man beobachtet, so daß dann acht Individuen reihenweise hinter einander hingen.

In der Gruppe der Trematoden ist diese ungeschlechtliche Vermehrung noch weit häufiger. Aber auch hier beschränkt sie sich nur auf die frühere, der Geschlechtsreife vorausgehende Lebenszeit, auf das Stadium des Larvenlebens, da die Trematoden durch eine Metamorphose sich entwickeln.

Durch das Zusammentreffen mit der Metamorphose bekommt diese Vermehrung nun aber eine auffallende, sehr eigenthümliche Physiognomie. Die junge Brut, die auf dem Wege der innern Knospenbildung erzeugt wird, gleicht in der Regel nicht den früheren Larven, sondern hat eine andere abweichende Gestalt und Lebensweise. Sie repräsentirt ein zweites Stadium der Entwicklung, das allmälig in die ausgebildete Form des Thieres überführt.

Solche Vorgänge werden wir fortan häufiger in der Entwicklungsgeschichte der niederen Thiere antreffen. Sie werden mit dem Namen des Generationswechsels bezeichnet, der sich also dadurch charakterisirt, daß bei den Thieren, die ihm unterworfen sind, die einzelnen Zustände der Metamorphose auf mehrere hinter einander folgende, durch ungeschlechtliche Entwicklung aus einander entstandene Generationen übertragen sind. Die vorbereitenden Larvenformen, die erst in ihren Descendenten zu den ausgebildeten Thieren werden, haben den Namen der Ammen erhalten.

Es ist ein Verdienst der neuesten Naturforschung — wir können dabei den Namen Steenstrup nicht unterdrücken — diese wunderbaren Erscheinungen des Generationswechsels zu einem Gesammtbild vereinigt zu haben. Die Entdeckung dieser Entwicklungsweise ist für unsere Wissenschaft von den bedeutendsten Folgen gewesen, nicht bloß, weil sie uns mit einer neuen interessanten Thatsache bereicherte, oder weil sie in einer Menge räthselhafter Erscheinungen den Ausdruck eines tiefgreifenden Naturgesetzes uns zeigte, sondern auch deßhalb, weil sie uns in einer großen Anzahl von Geschöpfen, die wir früher als selbstständige Thierformen ansahen, bloße unentwickelte und aufammende Larven anderer Geschöpfe kennen lehrte.

Wir würden übrigens irren, wenn wir diesen Generationswechsel für eine ganz besondere Art der Brutpflege bei den Thieren ansehen wollten.*) Der Generationswechsel fällt in seinem Wesen mit der gewöhnlichen ungeschlechtlichen Vermehrung zusammen; seine Eigenthümlichkeit erhält er nur durch die eigenthümliche Stellung und Entwicklung derjenigen Thierformen, an denen dieselbe auftritt. Eine Larve producirt bei dem Generationswechsel eine Brut, die ihr unähnlich ist, die mit den ausgebildeten Stammeltern derselben übereinstimmt! Allerdings ist dieser Umstand sehr auffallend, indessen doch nicht überraschender, als wenn wir bei der Metamorphose sehen, daß die Nachkommen eines Thieres als Larven, also gleichfalls unter abweichender Form, ein Leben führen. Wie sich die Entwicklung mit (freier) Metamorphose zu der Entwicklung ohne dieselbe verhält, so verhält sich der Generationswechsel zu der einfachen ungeschlechtlichen Vermehrung.

Wir haben oben die Nothwendigkeit einer Larvenform in der unzulänglichen Ausstattung des Dotters kennen gelernt, gesehen, wie eine reichliche Ernährung die Embryonen dieser Nothwendigkeit enthebt. Wenn wir nun jetzt sehen, daß die Brut einer Larve nicht wieder eine Larve ist, sondern ein ausgebildetes Thier, so werden wir wohl annehmen dürfen, daß sie an ihrer Mutterstätte ein hinreichendes Material für ihre Ausbildung vorgefunden habe.

*) Vergl. Leuckart, Zeitschrift für wissensch. Zoologie 1851, S. 182. (Auch hier muß ich, trotz der Bemerkungen von V. Carus, noch gegenwärtig bei meinen früheren Ansichten verharren. L.)

Ist dieses nicht der Fall, so wird ein neues Larvenleben für diese Brut nothwendig. Und wirklich sehen wir auch mitunter, wie die frühere Larvenform sich in der neuen Nachkommenschaft wiederholt, wie diese Wiederholung bald zufällig und unregelmäßig, bald auch constant und planmäßig stattfindet. Wir werden später sogar Fälle kennen lernen (bei den polymorphen Thiercolonien), wo solche Erscheinungen sich noch in viel eigenthümlicherer Weise gestalten.

Die Frage nach der Verbreitung des Generationswechsels fällt mit der nach der Verbreitung der ungeschlechtlichen Fortpflanzung überhaupt zusammen. Ueberall da werden diese Vorgänge zunächst nothwendig seyn, wo die Zahl der geschlechtlich erzeugten Nachkommen aus irgend welchen Gründen den Bedürfnissen des Naturhaushaltes nicht entspricht.

Wenn wir berücksichtigen, daß die Zahl der Nachkommenschaft hauptsächlich von der Dauerhaftigkeit der Thiere abhängt, daß diese im Allgemeinen mit der Körpergröße abnimmt, so werden wir die ungeschlechtliche Vermehrung hauptsächlich bei den niederen Thierformen anzutreffen vermuthen dürfen. Im Durchschnitt sind diese, wie die kleinsten, so auch zugleich die einfachsten. Und die Einfachheit der Organisation ist für die ungeschlechtliche Vermehrung gewiß von förderndem Einfluß.

Wo der gesammte Körper kaum mehr, als ein Multiplum von einzelnen gleichartigen Theilen ist, wird ein jeder aliquote Theil schon ohne Weiteres zu einem selbstständigen Leben befähigt seyn. Ein derartiges Thier wird sich durch einfache Theilung vermehren können. Enthält das Theilstück auch im Anfang noch nicht alle zum Leben nöthigen Organe, so wird doch deren Bildung leicht vor sich gehen können.

In diesem Umstand liegt es wohl auch begründet, warum die ungeschlechtliche Vermehrung während des Larvenlebens oder doch vor der Zeit der Geschlechtsorgane weit häufiger ist, als im ausgebildeten Zustand, wo überdieß die Ausübung der geschlechtlichen Funktionen noch so manche andere Ansprüche an den Körper und das Nahrungsmaterial desselben macht.

Schon oben haben wir übrigens mehrere Veranstaltungen kennen gelernt, die zu der Vermehrung der Nachkommenschaft gleichfalls das Ihrige beitragen: den Hermaphroditismus und die Metamorphose. Der erstere ermächtigt ja von den vorhandenen Individuen einer Thierform ein jedes zur Production einer Brut, während die letztere bei unzureichender Ausstattung der Eier eine größere Menge von Keimen bilden läßt. Wo diese Veranstaltungen nun aber nicht ausreichen oder aus anderweitigen Gründen unmöglich werden, wo also die Zahl der geschlechtlich erzeugten Nachkommen den Bedürfnissen des Naturhaushaltes noch nicht entspricht, da tritt die ungeschlechtliche Vermehrung, als ein suppletorischer Vorgang, in ihr Recht ein.

Ueberdieß dürfen wir nicht verkennen, daß die ungeschlechtliche Vermehrung, geschehe sie in der Form des sogenannten Generationswechsels oder nicht, vor jenen anderweitigen Veranstaltungen gewisse Vortheile voraus hat, die für viele Fälle ihre ausschließliche Verwendung teleologisch rechtfertigen. Wir wollen hier nur daran erinnern, daß die auf ungeschlechtlichem Wege producirte Nachkommenschaft der unmittelbaren Einwirkung aller jener manchfachen Bedingungen entzogen ist, auf deren Realisation die geschlechtliche Fortpflanzung beruht.

Die ungeschlechtliche Vermehrung wird sich deßhalb denn auch vorzugsweise für jene Thierformen eignen, bei denen dem Contact der Geschlechtsstoffe sich gewisse Hindernisse und Schwierigkeiten in den Weg stellen, bei denen die Zahl der geschlechtsreifen Individuen durch die Gesetze des Naturhaushaltes einen größern Ausfall erleidet u. s. w.

Zu diesen Thieren gehören nun auch die Trematoden, zu denen wir nach diesem Excurse wiederum zurückkehren. Bekanntermaßen leben diese Geschöpfe als Eingeweidewürmer im Innern von anderen höheren Thieren, in die sie von Außen aus dem Wasser, in welches sie als Eier oder junge Larven gerathen, einwandern müssen, wenn sie die Bedingungen ihrer vollständigen Entwicklung finden sollen. Da dieses nun aber begreiflicher Weise nicht überall auf direktem Wege geschehen kann, da es dazu in den meisten Fällen der manchfachsten

günstigen Umstände bedarf, so ist es erklärlich, daß es verhältnißmäßig nur wenige Individuen bis zur völligen Entwicklung und Geschlechtsreife bringen. Der Generationswechsel (Metamorphose + ungeschlechtliche Vermehrung) muß hier die Verluste decken, die nothwendiger Weise durch die Besonderheiten der Lebensweise herbeigeführt werden.

Leider ist es uns bis jetzt noch nicht gelungen, irgend ein Thier dieser Gruppe während aller seiner wechselnden Schicksale und Entwicklungsformen zu beobachten. Durch eine Combination verschiedener einzelner Erfahrungen müssen wir einstweilen diese Lücke auszufüllen versuchen.

In der einfachsten Form scheint sich der Entwicklungsgang der Trematoden etwa in folgender Weise zu verhalten. Nachdem der Zellenbildungsproceß in den Eiern vollendet ist, bildet die gesammte Dottermasse eine sphärische oder eiförmige Masse, die auf der äußeren Fläche sich mit Cilien bekleidet und dann durch Dehiscenz der Dotterhaut frei wird. Eine Zeit lang schwimmt dieses Geschöpf (ohne Mund, Darm u. s. w.) nun im Wasser umher, bis es Gelegenheit findet, die äußere Haut von Wasserbewohnern (namentlich Mollusken) zu erreichen oder gar in das Innere derselben hineinzudringen. Hier schlägt die junge Larve ihren Wohnsitz auf. Sie verliert ihre Cilien und erscheint dann als ein kugliger oder schlauchförmiger Körper mit äußerer strukturloser Hülle und körnigem Inhalt, dessen Menge sich (durch die auf endosmotischem Wege aus dem Wirthe aufgenommene Nahrung) allmälig vergrößert. Nach einiger Zeit ballt sich dieser Inhalt in einer Anzahl von Häufchen zusammen, die sich immer bestimmter gestalten und schließlich sich in kleine Thierchen verwandeln, die im Wesentlichen den Bau der ausgebildeten Trematoden besitzen und sich von diesen (abgesehen von den noch fehlenden Geschlechtsorganen) nur durch den Besitz eines schwanzförmigen Anhanges am Hinterleibsende unterscheiden. Sind diese Thierchen vollständig ausgebildet, so bahnen sie sich einen Weg nach Außen, um sich mit Hülfe ihres Ruderschwanzes eine Zeit lang im Wasser umherzutummeln. Den Zoologen sind diese Geschöpfe als Cercarien (Fig. 396) schon seit lange bekannt, obgleich ihre Beziehung zu den Trematoden bis auf die jüngste Zeit verborgen war.

Fig. 396.



Cercaria.
c Darmkanal; a Bauchsaugnapf.

Fig. 397.



Fig. 398.

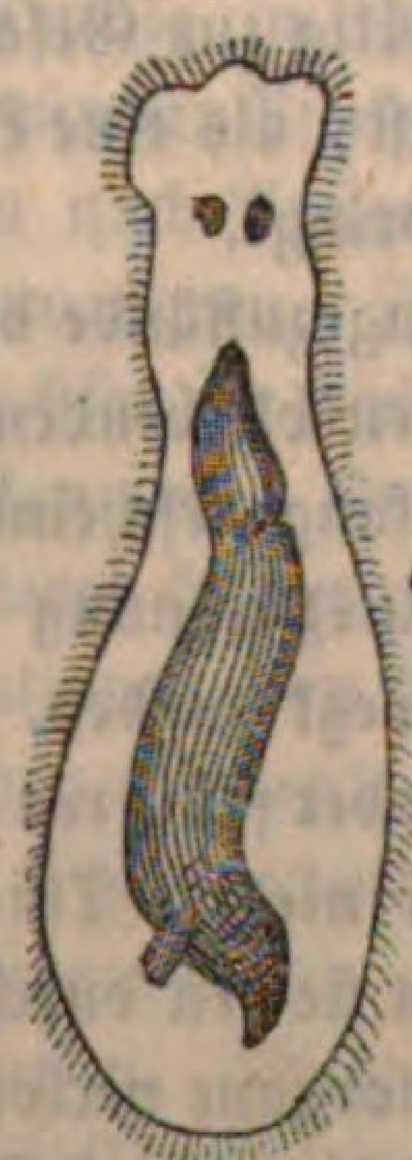


Fig. 399.



Fig. 400.



Ammende Larven von Trematoden.
s Darmkanal.

Später suchen sich diese Cercarien einen neuen Wohnort. Sie dringen durch die äußere Haut in das Innere von allerlei Wasserbewohnern (Insektenlarven, Crustaceen, Mollusken, Fischen u. s. w.), wobei ihnen eine temporäre Bewaffnung des Mundendes oftmals gute Dienste leistet. Durch den Verlust des Schwanzes, der beständig bei diesem Eindringen stattfindet, verwandeln sich diese Thiere hier in einen vollständigen Saugwurm, in ein Distomum (Fig. 397). Finden dieselben nun bereits in dem neuen Wirthe alle Bedingungen ihrer vollständigen Ausbildung, so wachsen sie allmälig und gelangen zur geschlechtlichen Reife. Im andern Falle bleiben sie klein und geschlechtslos. Sie umgeben sich dann mit einer glashellen Hülle, die aus einem Sekret der Körperoberfläche zu entstehen scheint, und harren,

bis sie der Zufall unter andere günstigere Verhältnisse versetzt, bis ihr Wirth von einem größeren und stärkeren Raubthier verzehrt wird.

Wo die Entwicklungsvorgänge der Trematoden eine größere Complication annehmen, da geschieht dieses dadurch, daß die ammenden Larven nicht so einfach bleiben, wie in dem eben beschriebenen Falle, sondern sich (Fig. 398) durch eine Häutung noch vor der Prolification in ein Geschöpf verwandeln, welches sich durch einen zusammengesetzteren Bau, durch Mundöffnung, Darmkanal u. s. w. zu einem längeren freien Leben eignet. Späterhin suchen aber auch diese Larven ein passendes Wohnthier, in dem sie (Fig. 399) dann auf dieselbe Weise, wie jene einfacheren, durch endogene Bildung eine Brut von Cercarien erzeugen. Bisweilen nimmt diese Brut aber auch wieder die frühere Form an. Es entsteht dann (Fig. 400) eine Zwischengeneration von Larven, welche die Fruchtbarkeit eines einzigen Eies natürlich um ein sehr Beträchtliches steigert, aber auch häufig, wie es scheint, aus der Entwicklungsweise der Trematoden ausfällt. In einigen seltenen Fällen hat man auch beobachtet, daß die ungeschlechtliche Brut einer ammenden Larve sich zum Theil in Cercarien, zum Theil auch wiederum zu neuen Larven gestaltete.

Die einzigen Trematoden, deren Entwicklung wir kennen, sind die Arten des Gen. Distomum und die verwandten Formen ohne Saugnapf am Körperende. Wir wissen deßhalb auch nicht, wie weit wir das voranstehende Schema ausdehnen dürfen. Allerdings hat der Generationswechsel noch eine weitere Ausbreitung unter den Trematoden (das Gen. Gyrodactylus ist z. B. eine Amme — mit unbekanntem Endziel der Metamorphose —), aber es ist kaum wahrscheinlich, daß sich überall die Formen der Cercarien wiederholen u. s. w.

Auch die Cestoden durchlaufen einen Generationswechsel, wie die Trematoden, der sich nur dadurch von den oben dargestellten Vorgängen unterscheidet, daß die Produktion der ausgebildeten Brut hier durch eine äußere Knospenbildung, nicht auf endogenem Wege, vermittelt wird. Daher kommt es denn auch, daß die einzelnen Sprößlinge der Larven eine lange Zeit (oder auch beständig) zu einer gemeinsamen Colonie vereinigt bleiben, zu einem sogenannten Kettenwurme (Fig. 22), den man früher irrthümlicher Weise als ein einfaches Thier mit Gliedern und Kopf betrachtete. Die sogenannten Glieder dieser Kette sind die einzelnen ausgebildeten Thiere, die allmälig zur Geschlechtsreife gelangen, während der sogenannte Kopf (Fig. 267) nichts weiter ist, als eine Larve, die an ihrem hinteren Ende fortwährend neue Geschlechtsthiere hervorbringt.

So weit wir die ersten Entwicklungszustände der Cestoden näher kennen, verläßt diese Larve übrigens niemals in ihrer späteren bleibenden Gestalt (mit Saugnäpfen, Hakenbewaffnung u. s. w.) ihre Eihüllen. Im Anfang erscheint sie als ein einfacher, rundlicher oder birnförmiger Körper, dessen einzige Auszeichnung in sechs kleinen Häkchen besteht, die am Vorderleibsende stehen und lebhaft bewegt werden. In dieser Form wandert die Larve (oft noch in ihren Eihüllen) aus dem Darme der früheren Wohnthiere in's Freie, in diesem Zustande auch in mancherlei niedere Thiere (Insekten, Krebse, Mollusken u. s. w.), in deren Innerem sie erst durch eine Häutung — bei welcher die früheren Häkchen als Larvenorgane verloren gehen — ihre spätere Form und Ausrüstung bekommt. Gelangt diese Larve nun mit der Nahrung oder auf sonst einem Wege in den Darmkanal eines Wirbelthieres, unter andere und günstigere äußere Verhältnisse, so beginnt die Knospenbildung, die Produktion der geschlechtsreifen Brut, deren Glieder dann natürlich der Unsicherheit und den Gefahren einer weiteren Wanderung enthoben sind. In manchen Arten trennen sich diese Thiere auf irgend einem (späteren oder früheren) Stadium ihrer Entwicklung auch wohl aus dem gemeinschaftlichen Verbande, um ein selbstständiges Leben zu führen.

Fig. 401.



Larve einer Taenia, aus der Lungenhöhle von Limax.

Die Fähigkeit zur ungeschlechtlichen Vermehrung der Cestodenammen ist übrigens in einem solchen Grade abhängig von den äußeren Verhältnissen, daß sie ausschließlich in dem Darmkanal der Wirbelthiere, ja bei manchen Formen nur in dem Darmkanal bestimmter

Wirbelthiere vor sich geht. An allen anderen Orten bleiben die Ammen solitär, wie sie im Anfang waren (so im Innern aller wirbellosen Wirthe), oder produciren doch nur eine unvollkommene, geschlechtslose und verkümmerte Generation. So bilden z. B. die Ammen des Gen. Tetrarhynchus, die nur im Darmkanal der Rochen und Haie zu einer ausgebildeten Bandwurmkolonie werden, in dem Muskelfleisch der Fische statt der gegliederten Kette einen einfachen, glatten und bandförmigen Anhang. Aehnlich verhalten sich die in das Muskelfleisch u. s. w. der Säugethiere verirrten Taenien, nur daß hier gewöhnlich dieser glatte Anhang durch hydropische Entartung sich in eine Wasserblase verwandelt. Solche degenerirte Cestoden hat man früher als besondere „geschlechtslose" Eingeweidewürmer, als Blasenwürmer (Cysticercus) beschrieben. Bisweilen treibt diese Schwanzblase auch Knospen, die sich zu neuen Taenienammen ausbilden (Coenurus). In anderen Fällen geht die hydropische Entartung noch weiter. Die ganze Amme wird dann zu einer einfachen Wasserblase, die entweder in diesem Zustande verharrt (Acephalocystis) oder durch Knospenbildung auf der inneren Fläche eine neue Generation von Larven hervorbringt (Echinococcus).

Die Beispiele dieser merkwürdigen Degenerationen beschränken sich übrigens keineswegs auf die Cestoden. Wir treffen sie auch in anderen Gruppen der Eingeweidewürmer, selbst in solchen, die keine Metamorphose erleiden, bei den Nematoden. Schon früher haben wir mehrfach darauf hingewiesen, daß die Gregarinen, die man eine Zeit lang als selbstständige Thiere den Protozoen zuweisen durfte, zu den Nematoden in einem ähnlichen Verhältnisse stehen möchten, wie die Blasenwürmer zu den Cestoden. Was wir früher nur vermuthen durften, ist jetzt zur Gewißheit geworden.

Unter gewissen Verhältnissen (im Darm und anderen Organen von vielen niederen Thieren, Insekten, Würmern u. s. w.) verlieren die jungen, noch geschlechtslosen Rundwürmer ihre frühere Gestalt und Beweglichkeit, Mund und Afteröffnung, Darm und übrigen Eingeweide. Das ganze Thier wird eine einfache, schlauchartige Masse mit körnigem Inhalt und einem kernartigen Gebilde im Innern, es wird eine sogenannte Gregarine. Aber diese Umwandlung ist nur eine Vorbereitung für eine andere neue Metamorphose. Nachdem diese Geschöpfe eine Zeit lang als Gregarinen existirt haben, ziehen sie sich in eine kugelförmige Masse zusammen, deren Inhalt dann allmälig in eine große Menge kleiner Körperchen von der Gestalt eines Gurkenkernes (sogenannter Pseudonavicellen) sich verwandelt. Später werden diese Gebilde frei und gelangen nach Außen, von wo sie häufig wiederum mit der Nahrung u. s. w. in andere Thiere einwandern. Finden dieselben dann günstigere Verhältnisse, als ihre Mutterthiere, so wachsen sie vielleicht zu genuinen Rundwürmern aus, von denen sie ja in letzter Instanz abstammen. Im andern Falle werden sie wiederum zu Gregarinen. — Auch bei den Wirbelthieren kommen (namentlich bei Fischen, auf der Haut, den Kiemen u. s. w.) ähnliche Degenerationen von Rundwürmern vor. Auch hier führen sie schließlich zur Produktion von ähnlichen Körperchen, die den Pseudonavicellen auffallend ähnlich sehen und unter dem Namen der Psorospermien bekannt sind.

Man hat mehrfach versucht, die Erscheinungen, um die es sich hier handelt, als Erscheinungen eines Generationswechsels aufzufassen. Allerdings ist eine große Aehnlichkeit zwischen beiden nicht zu verkennen. In beiden Fällen spielt die ungeschlechtliche Vermehrung eine Rolle, in beiden Fällen ist das Mutterthier von dem nächsten Produkte der ungeschlechtlichen Vermehrung verschieden. Was aber beide Erscheinungen von einander trennt, ist der Umstand, daß diese Degenerationen als zufällige (abnorme) Vorgänge erscheinen, während der Generationswechsel in allen Fällen, wo er überhaupt vorkommt, constant ist. Ein Rundwurm kann auf direktem Wege zur völligen Geschlechtsreife gelangen, ohne vorher die Gregarinenform angenommen, durch Pseudonavicellenbildung sich vermehrt zu haben, während ein Distomum beständig durch die ungeschlechtliche Vermehrung einer ammenden Larve entsteht. — Mit diesen Degenerationen haben wir übrigens einen Entwicklungsvorgang berührt, dessen Kenntniß noch lange nicht abgeschlossen ist und einst vielleicht noch manche geheimnißvolle Räthsel der thierischen Schöpfung lösen wird.

Was die Entwicklung der Akanthocephalen betrifft, so ist diese noch vollkommen im Dunkeln. Wir wissen nur, daß die Eier derselben mit dem Kothe ihrer Wohnthiere nach Außen gelangen und einen kleinen Embryo mit vier Hornstäbchen am vorderen Körperende enthalten. Späterhin, zu einer Zeit, wo die jungen Würmer nur durch ihre geringere Größe und Geschlechtslosigkeit sich von ihren Eltern unterscheiden, trifft man sie bisweilen auf ihren Einwanderungen in der Leibeshöhle der Fische und anderer Thiere.

Die Entwicklung der Rotiferen ist einfach, ohne freie Metamorphose und Generationswechsel, wie schon die Größe ihrer Eier vermuthen läßt. Manche Arten gebären lebendige Junge, in deren Innerem man dann schon frühe den eigenthümlichen Masticationsapparat dieser Thiere erkennt (vergl. Fig. 100. i, k).

Sehr verschieden verhält sich dagegen die Entwicklung der Bryozoen, jener merkwürdigen, polypenähnlichen Thiere, die durch ihre Koloniebildung bekannt sind. Die Embryonen dieser Thiere, die aus dem befruchteten Ei hervorkommen, haben eine einfache sphärische Gestalt und bewegen sich eine Zeit lang durch Flimmerbekleidung. Nachdem sie sich festgesetzt haben, zerfällt der körnige Inhalt derselben in zwei (oder auch wohl noch mehr) Haufen, die sich dann gesondert, je zu einem selbstständigen Thiere entwickeln. Durch die äußere Larvenhaut, die allmälig zum Skelet erhärtet, bleiben beide Individuen vereinigt. Durch fortgesetzte Knospenbildung legen diese dann den Grund zu einer Thier-Kolonie, deren einzelne Individuen beständig mit einander zu einer gemeinschaftlichen Masse vereinigt bleiben und somit gewissermaßen einen lebendigen Stammbaum mit Ahnen und Descendenten verschiedenen Grades darstellen. Die Stellung und Reihenfolge der Knospen bestimmt die Form und Verästelung der ganzen Kolonie.

Außer dieser Fortpflanzung durch sessile Knospen scheint den Bryozoen (wenigstens den einheimischen Arten) aber auch noch die Fähigkeit innezuwohnen, abfallende Knospen zu produciren. Für etwas Anderes weiß ich wenigstens die sogenannten Wintereier dieser Thiere nicht zu halten, die im Frühjahr, nachdem die ganze Kolonie im Winter untergegangen, zu einem neuen Leben erwachen und durch eine feste äußere Bedeckung vor den Gefahren der rauhen Jahreszeit gesichert sind. Allerdings gleichen diese Knospen durch Form und Bildung den Eiern — aber von den wirklichen Eiern ihrer Mutterthiere sind sie sehr auffallend verschieden, auch dadurch namentlich, daß der Embryo, der aus ihnen entsteht, ohne alle Metamorphose sich entwickelt. In einzelnen Fällen kommen übrigens auch hier aus einem einzigen Dotter mehrere Embryonen hervor (drei bei Lophopus), ohne daß man — bei Abwesenheit der Metamorphose — deßhalb von einem Generationswechsel sprechen könnte.

Nach diesen Bemerkungen über die Entwicklung der Würmer wenden wir uns jetzt zu der Betrachtung der Mollusken, um auch hier eine Einsicht in die planmäßigen Vorgänge der Bildung aus dem Ei zu gewinnen.

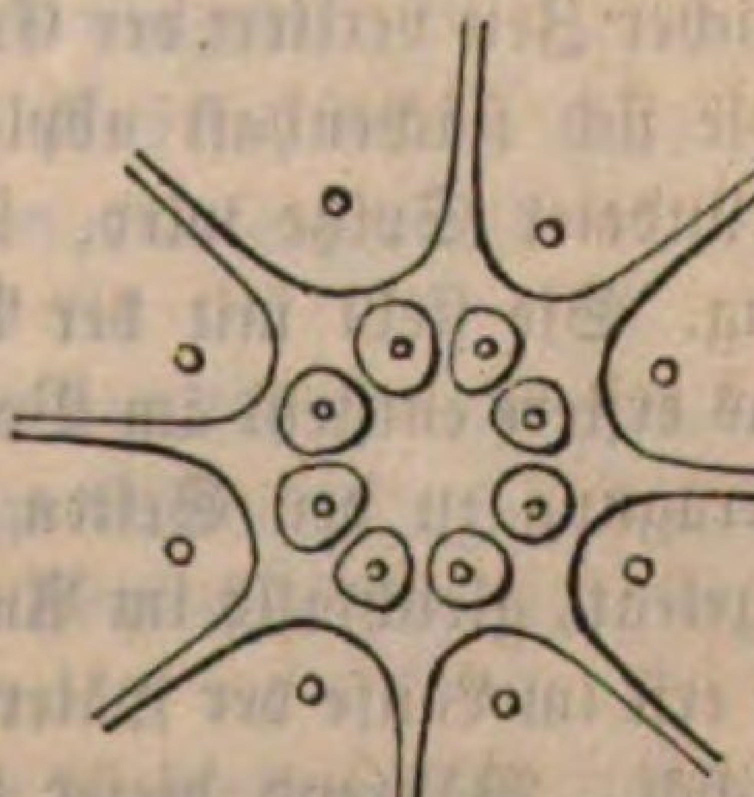
Die ersten Anfänge der Entwicklung, die Phänomene der Zellenbildung, treten uns bei den Mollusken ganz allgemein in ähnlicher Weise entgegen, wie bei den meisten übrigen Thieren. Auch hier zerfällt der Dotter in immer kleinere Ballen, die endlich ohne feste Grenze in zellige Gebilde übergehen. Auch hier wechseln totale und partielle Furchungen, regelmäßige und unregelmäßig fortschreitende, ohne daß wir die Nothwendigkeit der jedesmaligen Verschiedenheit einsähen. Als Norm dürfen wir aber auch wohl bei den Mollusken die totale regelmäßige Dottertheilung betrachten, die vollkommen in derselben Weise vor sich geht, wie bei den höheren Thieren. Ist sie bis zur Ausscheidung des embryonalen Leibes vollendet, dann hat der Dotter seine ursprüngliche Gestalt wieder angenommen, zeigt sich aber natürlich aus Zellen zusammengesetzt. Die oberflächlichen Lagen dieser Zellen sind sehr klein und durchsichtig, während der centrale Kern aus größeren Zellen besteht, die eine Menge unveränderter dunkler Dotterkörner im Innern enthalten und deßhalb undurchsichtig sind. Denselben Größenunterschied zwischen peripherischen und centralen Zellen der durchfurchten Dotterkugel haben wir schon oben, bei den Batrachiern u. a. erwähnen müssen. Er

wird dadurch nothwendig, daß die peripherischen Dotterzellen vor den übrigen in den Leib des Embryo verwandelt werden, da dieser ja bekanntlich mit seinen peripherischen (animalischen) Theilen zuerst entsteht.

Es unterliegt übrigens wohl kaum einem Zweifel, daß diese Größenverschiedenheit zwischen den peripherischen und centralen Dotterzellen daher rührt, daß die ersteren in ihrer Entwicklung vor den letzteren vorausgeeilt sind. Beginnt dieser Unterschied in der Entwicklung erst spät, nachdem die Klüftungskugeln schon in Menge vorhanden sind und keine beträchtliche Größe mehr besitzen, so wird dadurch das regelmäßige Aussehen des zerklüfteten Dotters nur wenig gestört. Anders aber ist es, wenn derselbe schon in früher Zeit eintritt, so früh, daß die Zahl der einzelnen Furchungskugeln noch eine geringe, ihre Lagerung eine noch indifferente ist. In solchen Fällen gewinnt der ganze Furchungsproceß den Schein einer Unregelmäßigkeit, die neben der regelmäßig fortschreitenden Klüftung der übrigen Eier außerordentlich auffällt. In solcher Weise erscheint der Furchungsproceß bei den höheren Würmern, wie schon oben erwähnt worden. Dieselbe Unregelmäßigkeit wiederholt sich auch bei manchen Gasteropoden, z. B. bei Actaeon. Aus dem viergetheilten Dotter entstehen hier vier größere und vier kleinere Furchungskugeln, deren letztere sich so schnell weiter entwickeln, daß sie die Nachkömmlinge der übrigen Kugeln umwachsen, noch bevor diese an Zahl sich beträchtlich vermehrt haben. Eine noch auffallendere Form bietet diese Unregelmäßigkeit bei vielen Bivalven (Teredo, Cardium, Modiolaria, wahrscheinlich auch Anodonta, Unio). Hier beginnt dieselbe schon nach der Zweitheilung, indem zunächst nur die eine der dadurch entstandenen Furchungskugeln sich weiter verändert und mit ihren Nachkommen die Rindenschicht der spätern embryonalen Dotterkugel bildet.

Daß wir die partielle Dotterklüftung ebenso wenig, wie diese unregelmäßige, als eine wesentliche Abweichung von dem gewöhnlichen Theilungsprocesse des Dotters ansehen dürfen, ist schon oben bei den Vertebraten bemerkt worden. Sie scheint überhaupt nur die Folge einer sehr reichlichen *) Ausstattung des Eies zu seyn. Wo die Menge des Dotters die Anforderungen der ersten Bildung überschreitet, wo neben dem Bildungsdotter, wie man sagt, noch ein Nahrungsdotter vorkommt (der überschüssige Theil dient zur Vergrößerung des gebildeten Embryo), da wird schon eine solche partielle Klüftung — die Klüftung des Bildungsdotters — für den Aufbau des embryonalen Körpers ein hinreichendes histologisches Material liefern. Unter den Mollusken finden wir übrigens solche partielle Dotterklüftung, wie es scheint, ausschließlich bei den Cephalopoden. An einer beschränkten Stelle, da, wo früher das Keimbläschen gelegen war, bildet sich hier nach der Befruchtung zunächst eine kleine buckelförmige Hervorragung, die sehr bald durch eine Furche in zwei Hälften zerfällt. Eine zweite Furche theilt dieselbe dann in vier, eine dritte und vierte in acht u. s. w. Haufen von dreieckiger Form, deren Spitzen in dem Mittelpunkte der anfänglichen Hervorragung zusammenlaufen. Zu diesen radiären Furchen treten dann noch concentrische, indem die Spitzen jener Dotterhaufen sich abschnüren (Fig. 402), und derselbe Proceß sich mehrmals wiederholt.

Fig. 402.



Durch fortschreitende Furchung und endliche Zellenbildung zerfällt der Keim der Cephalopoden zuletzt in zwei über einander liegende Blätter, die wir dem animalischen und vegetativen Blatt der Wirbelthiere vergleichen können, indem das äußere derselben allmälig zu der Leibeswand mit Nerven und Sinnesorganen sich umwandelt, während das innere sich in die nutritiven Organe metamorphosirt.

*) Kein Thier mit partieller Dotterfurchung durchläuft — soviel wir bis jetzt wissen — eine Metamorphose.

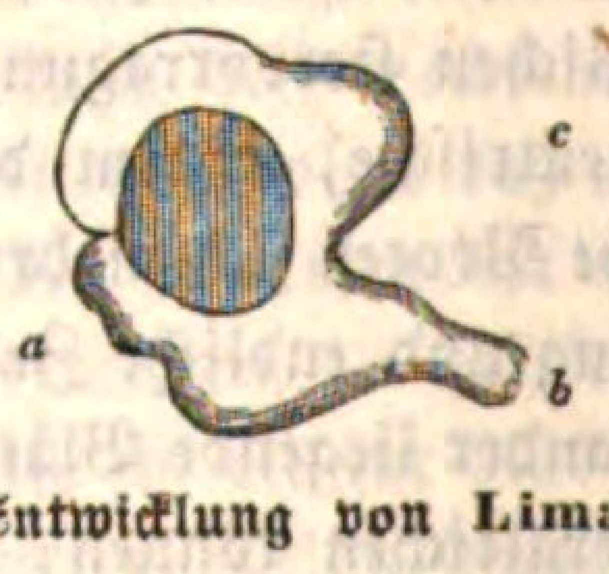
Dem äußeren animalischen Blatt entspricht die Rindenschicht am Dotter der übrigen Mollusken, dem inneren vegetativen dagegen der Kern desselben.

Die Bildungsvorgänge, durch welche der Molluskenkörper aus solchem Dotter sich aufbaut, zeigen bei den Cephalopoden, Gasteropoden und Acephalen trotz aller Verschiedenheiten eine unverkennbare typische Uebereinstimmung. Auf der Oberfläche entstehen gewisse regelmäßig gruppirte Aufwulstungen, die sich, wie wir sehen werden, in Segel, Fuß und Mantel (Kiemen u. s. w.) umwandeln, während sich im Innern Darmkanal, Leber u. s. w. bilden. Die Verschiedenheiten in der Form und Größe jener Organe haben theils auf die späteren Lebensverhältnisse Bezug, theils auch auf den Grad der Entwicklung, den die Jungen zur Zeit der Geburt darbieten. Sehr viele Mollusken, wahrscheinlich die größere Mehrzahl, durchlaufen eine Metamorphose.

Die Tunikaten lassen sich in ihrer Entwicklung nicht unmittelbar an die übrigen Mollusken anreihen. Sie zeigen so große Abweichungen, daß wir sie später gesondert betrachten müssen. Um ein bestimmtes Bild von der Entwicklung der Mollusken zu gewinnen, betrachten wir dieselbe zuerst bei den Gasteropoden und zwar bei denjenigen Formen, die ohne freie Metamorphose sich ausbilden, bei den Pulmonaten. An diese lassen sich dann die complicirteren Bildungsvorgänge der übrigen Mollusken am leichtesten anreihen. Wir werden übrigens späterhin sehen, daß diese größere Complication der Entwicklungsvorgänge nicht überall auf der Anwesenheit einer freien Metamorphose, sondern mitunter auch darauf beruht, daß der Embryo nicht unmittelbar aus der gesammten Dottermasse entsteht, sondern, wie bei den höheren Wirbelthieren, nur aus einem Theile derselben, so daß der Rest als eine förmliche Dotterblase noch eine Zeitlang an dem Embryo anhängt. Es sind die Cephalopoden, die sich auf solche Weise entwickeln. Bevor wir jedoch zu der speciellen Darstellung dieser Verhältnisse übergehen, wollen wir, wie gesagt, einige Worte über die Entwicklung der Pulmonaten hier vorausschicken.

Nachdem die vorbereitenden Stadien der Entwicklung (Dotterfurchung, Zellenbildung) durchlaufen sind, bedeckt sich die Dotterkugel sehr bald mit einem zarten Flimmerepithelium, durch dessen Thätigkeit sie in beständig kreisenden Bewegungen umhergeführt wird. Zu gleicher Zeit verliert der Embryo seine regelmäßige sphärische Gestalt, indem er an dem einen Pole sich flächenhaft abplattet und dadurch zu einem kurzen kegelförmigen Körper mit abgerundeter Spitze wird. Diese Abplattung ist die erste Andeutung einer weitern Umwandlung. Sie steht mit der Bildung des Segels und Fußes in nächstem Zusammenhang. Das erstere entsteht am Vorderrande jener Abflachung in Form einer kleinen paarigen Hervorragung zu den Seiten der spätern Mundöffnung. In ähnlicher Weise wird der Fuß angelegt, gleichfalls im Anfang eine warzenförmige Hervorragung hinter den Segelhälften, die erst im Laufe der spätern Entwicklung allmälig zu einem zungenförmigen Anhange auswächst. Während dieser Veränderungen hat sich die äußere Zellenschicht des entgegengesetzten Körperpoles (der spätern Rückenspitze) verdickt und durch eine ringförmige Einschnürung von der übrigen Körpermasse abgesetzt. Sie ist zum Mantel geworden, dessen oberflächlichste Zellenlage zu einem zarten und durchsichtigen Gehäuse verschmilzt und sich abhebt. Im Anfang hat dieses Gehäuse eine einfache mützen- oder schüsselförmige Gestalt. Durch ungleiches Wachsthum wird es aber bald zu einer Spirale, deren Windungen in der Form der eingeschlossenen Körpermasse sich abprägen. — So wenigstens ist es bei den Gehäuseschnecken. Die nackten Limacinen behalten einen sehr kleinen schildförmigen Mantel, den niemals ein äußeres Gehäuse abscheidet.

Fig. 403.



Entwicklung von Limax.
a Segel; b Fuß; c Mantel.

Fig. 404.

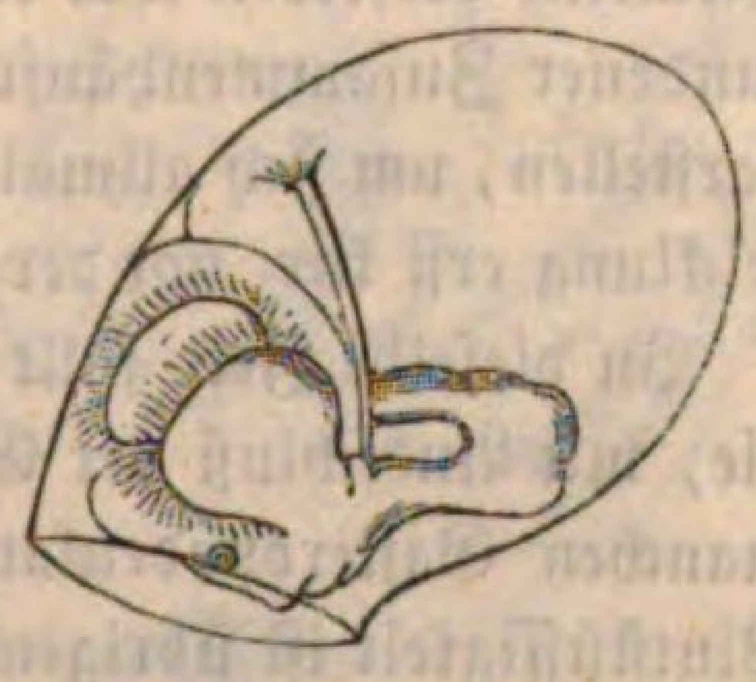


Embryo von Lymnaeus.

Dafür bildet sich im Innern des Mantels eine schalenförmige Aggregation von kleinen Kalkmolekulen. Dicht vor den Segelhälften, die bei den Pulmonaten beständig klein und wulstförmig bleiben, entstehen später die Tentakel und Augen, welche letztere zuerst der Stiele entbehren und aus der Körperoberfläche nur wenig hervorragen. Erst wenn alle diese Gebilde ihre spätere Form erhalten haben, verlassen die Pulmonaten ihre Eihüllen, um das Leben und die Nahrung der Eltern zu theilen. Von einer spätern Metamorphose findet sich keine Spur. Der Entwicklungsgang der übrigen Gasteropoden ist im Wesentlichen ganz derselbe, selbst derjenigen Arten, die (wie die meisten Kammkiemer, Nacktkiemer u. a. — von der Entwicklung der Pteropoden, Heteropoden, Cyclobranchiaten wissen wir gegenwärtig noch nichts —) durch den Besitz einer freien Metamorphose sich auszeichnen. Noch während des embryonalen Lebens bilden sich bei ihnen Segel, Fuß, Mantel und Schale, die die Gestalt und Lebensweise der späteren Thiere bestimmen. Auch die sog. Nacktkiemer besitzen in diesem Zustand eine Schale, eine zarte äußere Conchylie, von einfacher helm- oder schuhförmiger Gestalt (Fig. 405).

Die meisten dieser Thiere verlassen nun aber schon zu einer frühern Zeit ihre Eihülle, zu einer Zeit, in welcher der Fuß noch klein und schwach ist, seine späteren physiologischen Leistungen noch nicht vollständig erfüllen kann. Sie bedürfen deßhalb eines andern provisorischen Locomotionsapparates und finden diesen in den beiden Segeln, die sich schon frühe in ansehnliche flügelförmige Lappen verwandelten und an ihrem Rande sich mit langen und kräftigen Flimmerhaaren garnirten (Fig. 405). Mit Hülfe dieser Apparate schwimmen die jungen Seeschnecken eine Zeitlang im Wasser umher, bis der Fuß seine völlige Ausbildung erreicht hat. Dann verschwinden die Flimmerhaare der Segel, die Segel verkümmern (ihre Reste bilden die sog. Lippenfühler, Segel, Kopfzipfel, Gebilde von wechselnder Form und Größe — sehr ansehnlich namentlich bei Thetys), die frühere Bewegungsweise wird mit der spätern bleibenden vertauscht. Bei den Nacktkiemern geht auch das äußere Gehäuse verloren, während der Fuß, der anfangs kurz und zungenförmig war, sich verlängert und mit der darüber gelegenen Körpermasse verwächst. Auf der Rückenfläche des Mantels bilden sich die späteren (respiratorischen) Verlängerungen, anfangs nur wenige, später eine größere Menge.

Fig. 405.



Embryo von Polycera.

Auch bei den übrigen Gasteropoden mit Metamorphose scheinen die Kiemen erst nach der Geburt sich zu bilden. Sie entstehen gleichfalls als knospenartige Auswüchse der äußern Haut, jedoch nicht auf der Oberfläche des Mantels, sondern in der höhlenförmig nach innen vertieften Mantelfurche.

Die Veränderungen, die wir bis jetzt erwähnt haben, betreffen bloß die äußere Rindenschicht des Dotters, aus der die peripherischen Körperorgane hervorgehen, die Muskelhülle mit ihren Anhängen, Schale, Kiemen u. s. w., auch die Centraltheile des Nervensystems mit den Sinnesorganen.

Das Nervensystem scheint (wenn es sich nicht im Anfang durch seine zarte Beschaffenheit unseren Nachforschungen entzieht) erst in später Zeit aufzutreten, nachdem bereits die Larvenform sich vollständig hervorgebildet hat, und namentlich auch die Sinnesorgane schon längst gebildet sind. Schon hieraus läßt sich ersehen, daß ein genetischer Zusammenhang mit diesen letzteren, wie etwa bei den Wirbelthieren, nicht existiren kann. Gehörorgane und Augen entstehen ganz selbstständig, als rundliche Zellenhaufen, deren Kern sich allmälig verflüssigt. Die Gehörsteine krystallisiren ohne Weiteres aus der Flüssigkeit der Ohrblase heraus, sind aber Anfangs überall nur in geringer Zahl vorhanden. Die Linse dagegen scheint aus der Umwandlung einer frei im Innern der Augenblase liegenden Zelle hervorzugehen. Noch vor der vollständigen Entwicklung aller dieser Organe hat sich inzwischen aus

dem centralen Dotterkern des Embryo der gesammte Verdauungsapparat hervorgebildet. Die erste Spur desselben zeigt sich darin, daß das Innere sich aufhellt und allmälig die Umrisse eines Hohlraumes annimmt. Auf solche Weise entsteht der Magen, anfangs eine einfache Höhlung, die mit einer dicken Zellenschicht umgeben ist.

Durch Vermittlung des Mundes, der als eine weite trichterförmige Grube schon sehr frühe zwischen den beiden Segelhälften sich bemerklich macht, öffnet sich diese Magenhöhle dann bald nach Außen. Ein eigentlicher Oesophagus fehlt im Anfang. Der Mundtrichter, den man etwa dafür halten könnte, wird zum Schlundkopf. Die Bildung des Afters scheint erst später stattzufinden, in manchen Fällen jedoch verhältnißmäßig sehr frühe. Bei Paludina ist er schon vor der Schale vorhanden. Seine ursprüngliche Lage ist hier am Hinterende des Körpers, von wo er aber später durch die Entwicklung des Mantels und Fußes verdrängt wird. Eine ähnliche Lagenumänderung mag noch in vielen anderen Gasteropoden stattfinden, jedoch vielleicht nicht überall. Mitunter soll er wenigstens gleich bei der ersten Anlage seine spätere Anordnung zeigen, dann aber auch erst spät entstehen. Der Darm, der sich zwischen Magen und After ausspannt, erhält erst sehr allmälig seine normale Länge. Im Anfang ist er außerordentlich kurz, ja mitunter (Paludina) eine Zeitlang ganz fehlend. Wir haben vorher der dicken Zellenschicht im Umkreis des Magens gedacht. Noch lange Zeit behalten die Elemente derselben ihre embryonale Beschaffenheit, selbst dann noch, wenn sie, nach stattgefundener Zusammenhäufung, eine selbstständige halbkugelförmige Masse neben dem Magen darstellen, um sich allmälig in die Leber zu verwandeln, deren vollständig histologische Entwicklung erst kurz vor der Geburt vollendet ist.

In dieselbe Zeit fällt auch die Bildung des Herzens und der großen Gefäßstämme, die, mit Ausschluß der Genitalien, wohl von allen Eingeweiden am letzten entstehen. Bei manchen Gasteropodenlarven soll man selbst später noch vergebens darnach suchen. Die Blutflüssigkeit ist übrigens schon vor dem Herzen vorhanden. Sie entsteht in der Leibeshöhle, die durch das Auseinanderweichen der animalischen und vegetativen Organe gebildet wird. Selbst eine Art Kreislauf kommt schon in früher Zeit vor, indem die Bewegungen des Körperschlauches jene Flüssigkeit auf- und abtreiben. In manchen Fällen (Limax, Actaeon, Paludina) geschieht dieses selbst durch eigenthümliche abwechselnde Zusammenziehungen des vordern und hintern Körperendes (Rückens und Fußes), und dann mit einer gewissen Regelmäßigkeit.

Wir haben schon oben bemerkt, daß die Entwicklung der Cephalopoden sich durch ein abweichendes Verhältniß des Embryo zu der Dotterkugel vor den übrigen Mollusken auszeichnet. Die Cephalopoden entstehen nicht im Umkreis der Dotterkugel, wie die Gasteropoden, umwachsen dieselbe auch nicht allmälig, wie die Insekten u. a., sondern bilden sich, wie die Vögel und andere Wirbelthiere, auf einem beschränkten Segmente derselben, um sich dann allmälig immer mehr von dem Reste abzuschnüren.

Auf diesem Umstande beruhen nun mancherlei überraschende Eigenthümlichkeiten in der Entwicklungsgeschichte der Cephalopoden, die zum Theil so sehr auffallend sind, daß man selbst alle Analogie derselben mit den Gasteropoden leugnen konnte. Allein wir brauchen in Gedanken nur einmal die einzelnen Organe, welche den Leib der Gasteropoden zusammensetzen, nicht im ganzen Umkreis einer Kugel, sondern nur (wie es bei den Cephalopoden der Fall ist) auf einem Kugelabschnitt entstehen zu lassen, um trotz aller formellen Verschiedenheiten denselben gemeinsamen Zügen der Entwicklung zu begegnen.

Denken wir uns dabei (und die Entwicklung der Cephalopoden rechtfertigt diese Annahme), daß die Bauchfläche des Embryo dem Dotter zugekehrt sey, so wird der Mantel, dessen Anwesenheit den Rücken charakterisirt, im Mittelpunkte der Keimscheibe entstehen, im Umkreis desselben, als ein paariges Gebilde, der Fuß, und endlich, in der äußersten Peripherie, das Segelpaar. Alle diese Theile sind natürlich im Anfang mehr oder minder flächenhaft ausgebreitet. Um die spätere Form anzunehmen, müssen sie im Höhendurchmesser wachsen, während Fuß und Segel immer mehr von dem unterliegenden Dotter sich abtrennen.

In diesem Bilde haben wir nun aber auch, ohne es zu wollen, die wesentlichsten Züge aus dem Entwicklungsleben der Cephalopoden zusammengefaßt. Fügen wir noch die Eigenthümlichkeiten hinzu, durch welche die ausgebildeten Cephalopoden von den Gasteropoden in der Form des Fußes, der Segel u. s. w. sich unterscheiden, so wird für das Verständniß der merkwürdigen Bildungsvorgänge bei diesen Thieren nur Weniges fehlen.

Im Centrum der Keimscheibe entsteht also zunächst bei den Cephalopoden (Fig. 406. A) der Mantel, anfangs eine schildartige Erhebung von eiförmiger Gestalt. Daneben zeigen sich sehr bald zwei schmale langgestreckte Wülste, die Seitenhälften des Trichters, welche den Mantel bogenförmig rechts und links umfassen und durch einen kleinen Zwischenraum davon getrennt sind. Nach einiger Zeit treten noch zwei andere Paare von Erhabenheiten hinzu, die Kopflappen, die sich seitlich an den Trichter anlegen und eine nierenförmige Gestalt besitzen. Das äußere Paar derselben trägt die Augenwülste, die sich schon sehr frühe unterscheiden lassen.

Fig. 406.



Embryonalanlage von Sepia, in verschiedenen Ansichten.

a Mantel; *b* Trichterhälften; *c* innerer, *d* äußerer Kopflappen; *e* Kiemen; *f* Arme; *g* Mundöffnung.

Wollen wir diese Theile, die im Anfang alle nur wenig über die Keimscheibe sich erheben und eine flächenhafte Ausbreitung besitzen (namentlich bei den Decapoden, während die Keimscheibe der Octopoden sich von Anfang an über zwei Drittheile des ganzen Eies ausdehnt und eine glockenförmige Gestalt hat), nach den entsprechenden Gebilden der Gasteropoden deuten, so müssen wir die äußeren Kopflappen als Segelhälften bezeichnen, die inneren dagegen mitsammt den anliegenden Trichterhälften als Aequivalente des Fußes ansehen, dessen eigenthümliche Form und Zusammensetzung schon bei manchen Gasteropoden (den Pteropoden) vorgebildet ist.

Sobald diese Theile gebildet sind, bedecken sie sich mit einem Flimmerepithelium, dessen Thätigkeit zu den gewöhnlichen Drehungen führt, wenn die Größe und Schwere des Dotters dieselben nicht verhindert (wie es z. B. bei Sepia der Fall ist).

Noch vor dem Eintreten weiterer erheblicher Veränderungen wird die Zahl der embryonalen Organe durch die Kiemen vermehrt, die zwischen Mantel und Trichter schon frühe als kolbenförmige Erhebungen sich bilden, sowie durch die Arme, deren erste Anlagen eine halbkugelförmige Gestalt haben und in der hintern Hälfte des Keimes im Umkreis des Fußes hervorkommen. Sehr zeitig bildet sich auch Mund und After, beide in der Mittellinie des Keimes, der erstere am Vorderende zwischen den äußeren Kopfwülsten, der andere zwischen den hinteren Enden der Trichterhälften (Fig. 406. B, C).

Im Laufe der ferneren Entwicklung erhebt sich der Keim nun immer mehr. Der Embryo wächst in seinem Höhendurchmesser. Die Falte, die den Mantel umgibt, wird tiefer, so daß die Kiemen und Trichterhälften sich bald unter dem freien Rande desselben verstecken.

Die hinteren Trichterenden verschmelzen endlich in der Medianlinie zur Bildung eines Rohres (die vorderen Enden sind schon früher zur Vereinigung gekommen), während die Kopfwülste

Fig. 407.

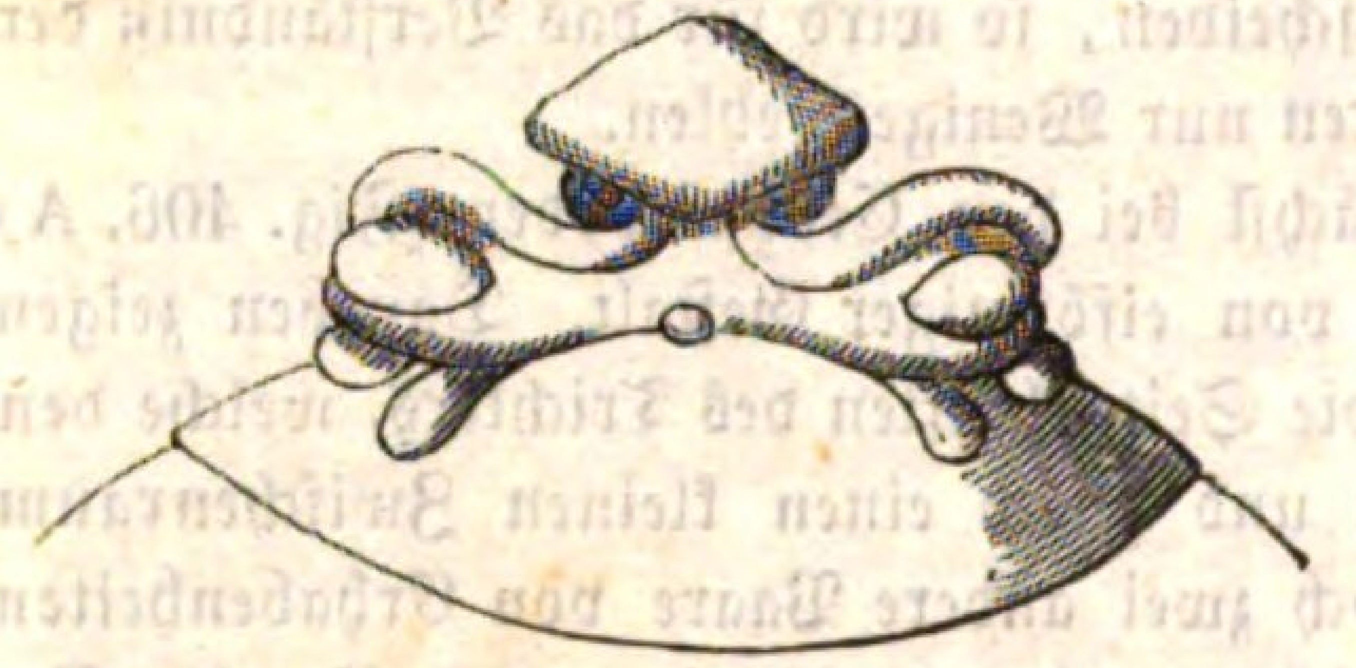
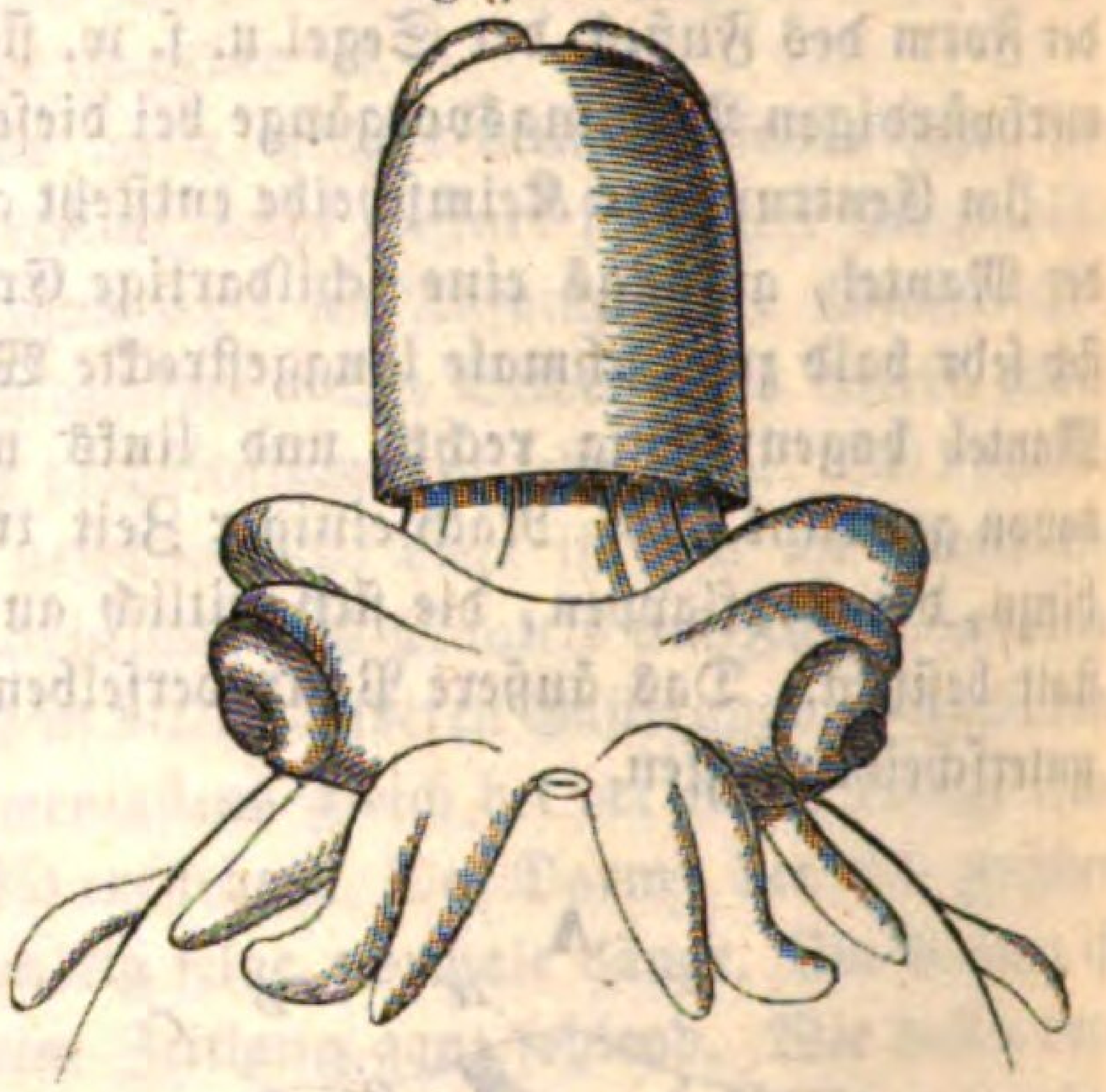


Fig. 408.



sich ansehnlich verdicken und einander immer mehr entgegenwachsen. Eine unmittelbare Folge davon ist, daß der ganze Embryo allmälig von dem Dotter sich abschnürt, während der Mund in die Mitte des kugligen Kopfes rückt, der aus der Vereinigung der früheren Kopfwülste seinen Ursprung genommen hat.

Bei diesen Veränderungen wird nun ein Theil des Dotters, so weit derselbe unter der ursprünglichen Keimscheibe gelegen war, mit in das Innere des Embryo hineingezogen, so daß man gewissermaßen einen inneren und äußeren Dottersack unterscheiden kann, welche beide durch einen mehr oder minder engen (bei den Octopoden sehr weiten) neben der Mundöffnung nach außen tretenden Gang unter sich zusammenhängen. Die untere Schicht der Keimscheibe ist es, die diesen innern, von den animalischen Embryonaltheilen eingeschlossenen Sack umkleidet, und von da selbst auf den äußern Dottersack übergeht.

Aus dieser Umkleidung des innern Dottersackes nimmt der Verdauungsapparat mit seinen Theilen (auch der Tintenbeutel) seinen Ursprung, aber nicht in der gewöhnlichen Weise, sondern dadurch, daß an derselben bestimmte strangförmige oder kuglige Aufwulstungen entstehen, die immer mehr sich abschnüren und aus soliden Massen endlich zu Kanälen, Säcken, Drüsen werden. Bedeutendere Formveränderungen scheinen nach der Entstehung an denselben nicht mehr stattzufinden.

Herz und große Gefäße stehen in keiner genetischen Relation mit dem inneren Dottersacke, theilen aber mit dem Darmkanale u. s. w. die ursprüngliche solide Beschaffenheit. In letzter Instanz stammt freilich auch für diese Organe das Bildungsmaterial aus dem Dotter.

Da für die Resorption der äußern Dottermasse alle besonderen Organe fehlen, so wird wohl bei allen diesen Vorgängen das Material zunächst aus dem innern Dottersacke entnommen. Durch Nachrücken aus dem äußern Sacke (welches in einer besondern Contractilität der Dotterhaut Unterstützung findet) wird dieser Verlust beständig ausgeglichen. Eine allmälige Verkleinerung des äußern Dottersackes ist die nothwendige Folge.

Der innere Dottersack bleibt übrigens nicht immer eine zusammenhängende Masse. Durch die allmälige Entwicklung der verschiedenen Eingeweide nimmt er Anfangs eine lappige Gestalt an. Später zerfällt er in mehrere vereinzelte Stücke, deren endliches Schicksal eine vollständige Resorption ist.

Wenn die Cephalopoden geboren werden, gleichen sie den Eltern in jedem wesentlichen Punkte. Nur untergeordnete Verschiedenheiten finden sich. Der Genitalapparat ist noch nicht gebildet, die innere Schale noch ohne Kalksalze, der Kopf von verhältnißmäßig beträchtlicher Größe u. s. w. Die Octopoden scheinen etwas früher geboren zu werden, wie man wenigstens aus der unvollständigeren Ausbildung der Kiemen und Arme, den erst sparsam vorkommenden Pigmentflecken, dem Mangel der Schale (Argonauta), der unverhältnißmäßigen Größe der Augen, des Tintenbeutels u. s. w. abnehmen darf.

Ueber die Entwicklung der merkwürdigen Hectocotylusformen wissen wir nur so viel,

daß dieselben schon als Embryonen ihre spätere Gestalt besitzen. Welche Verkümmerungen etwa eintreten, um dieselbe zu produciren, wird erst durch spätere Untersuchungen nachgewiesen werden müssen.

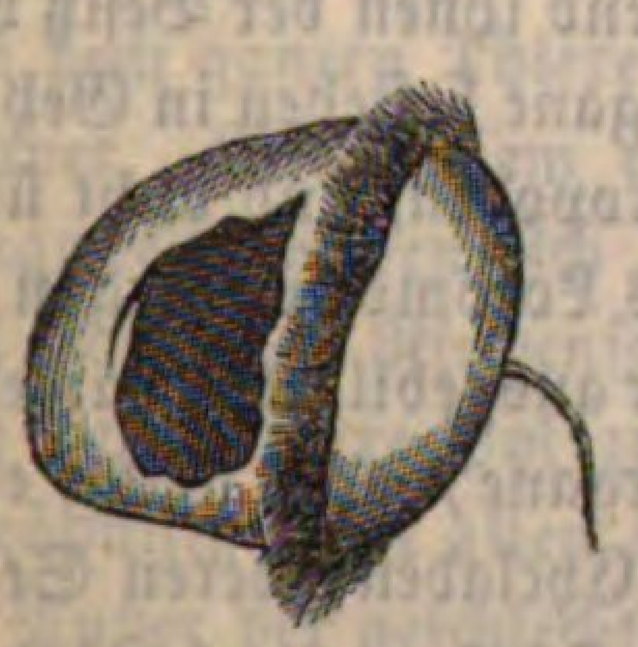
Unsere Kenntniß von der Entwicklung der Acephalen ist noch fragmentarer. Sie beschränkt sich auf einige wenige Arten der Blattkiemer, bei denen wir übrigens im Wesentlichen — trotz manchen Eigenthümlichkeiten — dieselben Züge der Entwicklung antreffen, die wir bisher bei den Mollusken kennen gelernt haben.

Wenn die Blattkiemer ein selbstständiges Leben im Wasser beginnen, zeigen sie eine sehr ungleiche Form und Entwicklung. Die einen (Unio, Anodonta, Cyclas) zeigen dann bereits die Gestalt und Lebensweise ihrer Eltern, während die anderen (Teredo, Montacuta, Modiolaria, Cardium u. s. w., vielleicht alle Seemuscheln) sich von denselben mehr oder minder auffallend unterscheiden, mit Hülfe eines besondern provisorischen Segelapparates gleich den Gasteropodenlarven mit Metamorphose umherschwimmen u. s. w.

Um diese Verschiedenheiten gehörig würdigen zu können, müssen wir die Entwicklungsgeschichte der Embryonen im Zusammenhang betrachten.

Wie bei den Gasteropoden wird auch hier der ganze Dotter in den Embryo verwandelt. Nach vollendeter Zerklüftung bedeckt er sich mit einem zarten Flimmerepithelium und beginnt zu drehen. Bald darauf erheben sich an dem einen Pole der Dotterkugel zwei neben einander stehende Zapfen, die sich allmälig vergrößern und nach ihrer Verschmelzung in der Mittellinie ein besonderes zweilappiges Gebilde von biscuitförmiger Gestalt darstellen, ein Segel, welches mit dem entsprechenden Gebilde der Gasteropoden auch durch die Garnirung mit ansehnlichen Flimmercilien (Fig. 409) übereinstimmt. Bei den Blattkiemern ohne freie Metamorphose (Fig. 410) bleibt dieses Organ (wie bei den Pulmonaten) beständig kleiner, als bei den übrigen Arten, in denen dasselbe ein sehr ansehnliches Segment der Dotterkugel einnimmt.

Fig. 409.



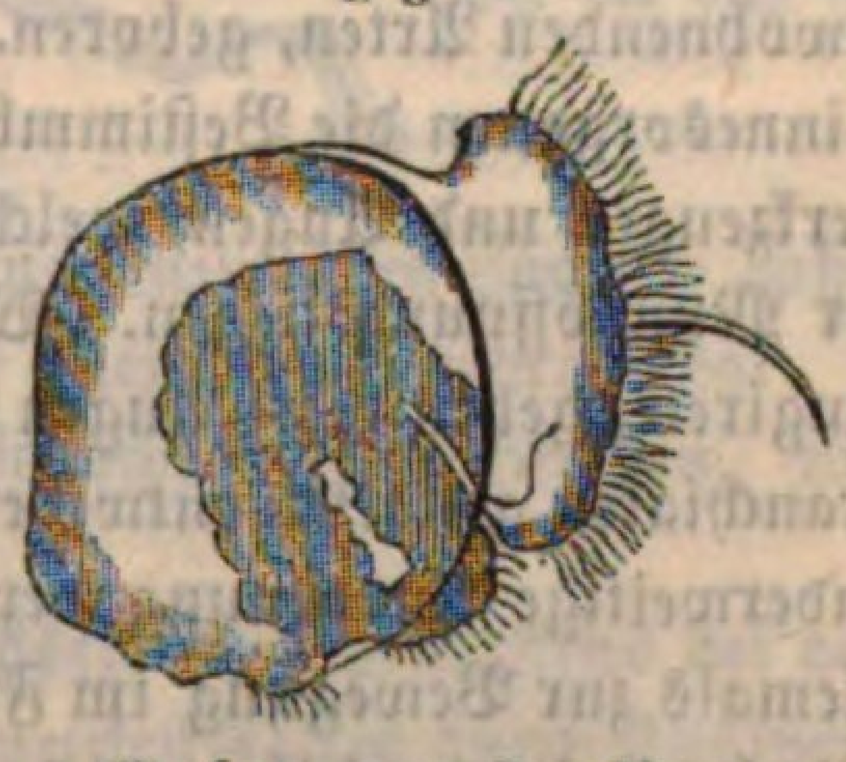
Embryo von Cardium mit Segel.

Fig. 410.



Embryo von Anodonta mit Segel.

Fig. 411.



Embryo von Cardium mit Segel und Schale.

Die nächste Veränderung besteht in der Bildung der rechten und linken Schale, die neben der Medianlinie des Rückens beginnt und den größeren Theil des Embryo sattelartig zwischen sich nimmt (Fig. 411). Im Anfang ist dieselbe zart und selbst weich, obgleich sie bald eine größere Consistenz annimmt. Hat die Schale den Embryo umwachsen, so löst sich der Mantel allmälig in Form eines rechten und linken Lappens von der centralen Körpermasse ab. An der Mittellinie des Bauches entsteht zu diesem Zwecke zunächst eine Längsfurche, die Andeutung des rechten und linken Mantelrandes. Zu gleicher Zeit entwickeln sich die Schließmuskeln und ein besonderer Rückzieher des Segels.

Bei Unio und Anodonta erscheint diese Bildung des Mantels als förmliche Spaltung des Keimes (Fig. 412). Während die ventrale Längsfurche senkrecht in die Tiefe greift, weichen die beiden Mantellappen mit ihren Schalen immer mehr aus einander, bis sie endlich in derselben Ebene ausgebreitet liegen. Die klaffenden Schalen, die sich von Zeit zu Zeit durch die zuckenden Contractionen der Schließmuskeln einander annähern, geben den jungen Embryonen ein sonderbares Ansehen, so daß man sie, die jetzt schon die Eihüllen verlassen haben und die Kiemenfächer ihrer Mutterthiere bewohnen, für Schmarotzerthiere halten konnte.

Dazu kommt, daß die Schalen von denen der ausgebildeten Muscheln durch Flachheit und dreieckige Form sich unterscheiden und an der Spitze einen besonderen, nach innen umgebogenen Fortsatz von zungenförmiger Gestalt besitzen, dessen äußere Fläche mit mehreren Zähnen versehen ist.

Fig. 412.



Anodonta mit klaffender Schale.

Was diese Embryonen außerdem noch auszeichnet, ist ein sehr langer glasheller Faden, einem Byssusfaden vergleichbar, der in der Medianlinie des Leibes unter dem späteren Schlosse eingefügt ist und einige kurze Stacheln von ähnlicher Beschaffenheit neben sich stehen hat. Schon vor der Bildung der Schalen finden sich mehrere solche Stacheln auf der Oberfläche des Dotters, die aber später verloren gehen, um an anderen Orten von Neuem zu entstehen. Wie es scheint, ist jener lange sog. Byssusfaden aus der immensen Vergrößerung einer solchen Spitze hervorgegangen.

Es ist übrigens interessant, daß dieser fadenförmige Anhang, wie es scheint, unter den Embryonen der Blattkiemer weit verbreitet ist. Nicht bloß die Cycladen besitzen denselben, gleich den Najaden; auch bei Cardium, Modiolaria, Montacuta, Mya ist er in den ersten Stadien des Lebens und selbst noch zur Zeit der Geburt ganz allgemein vorhanden, nur von geringerer Länge und in der Mitte des Segels eingepflanzt (Fig. 409 u. 411).

Nachdem durch die Bildung des Mantels die centrale Körpermasse isolirt ist, ordnen sich die inneren Elemente derselben zu Magen, Leber, Speiseröhre und Darmkanal, die Anfangs solid, nachher aber hohl sind. Der Mund liegt dicht hinter dem Segel, der After nicht sehr weit davon entfernt.

In diesem Zustand werden die meisten Lamellibranchiaten, wenigstens unter den seebewohnenden Arten, geboren. Das Segel dient zur Bewegung, während ihnen der Besitz von Sinnesorganen die Bestimmbarkeit von außen sichert. Die Sinnesorgane bestehen in Gehörwerkzeugen und Augen, welche letztere paarig sind, wie bei den Gasteropoden, und dicht über der Mundöffnung liegen. Wenn späterhin das Segel aufhört, als Locomotionsorgan zu fungiren, gehen diese Augen verloren. Die abweichende Lebensart der ausgebildeten Lamellibranchiaten gestattet entweder einen vollkommenen Mangel dieser Organe, oder macht eine anderweitige Anordnung derselben nöthig. Bei den Najaden und Cycladen, deren Segel niemals zur Bewegung im Freien dient, fehlen diese provisorischen Gesichtsorgane beständig. Sie bedürfen derselben nicht, weil sie erst im ausgebildeten Zustand das Freie suchen. Ein Larvenstadium ist für sie nicht vorhanden. Die Veränderungen, welche bei den übrigen Blattkiemern nach der Geburt eintreten, durchlaufen sie in den Kiemenfächern ihrer Mutter.

Die hauptsächlichsten dieser Veränderungen bestehen in der Bildung des Fußes und der Kiemen. Die letzteren stellen Anfangs eine Reihe von Bögen vor, die am Innenrande mit vibrirenden Cilien besetzt sind und an Zahl allmälig zunehmen. Der Fuß entsteht in der Mittellinie des Bauches zwischen Mund und After. Eine Zeitlang existiren Fuß und Segel in ihrer Eigenschaft als Locomotionsorgane neben einander. Die Jungen kriechen und schwimmen abwechselnd. Späterhin aber verliert das Segel seine locomotorische Bedeutung, um in die Labialpalpen verwandelt zu werden.

In manchen Fällen ist die Metamorphosenreihe hiermit noch nicht abgeschlossen. Sehr häufig müssen später die Manteländer noch zu einer Kiemenhöhle verschmelzen, sich auch wohl am Hinterende in die sog. Athemröhren ausziehen u. s. w. Am auffallendsten sind diese späteren Veränderungen vielleicht bei dem Pfahlwurm (Teredo), welcher noch lange nach den ersten Metamorphosen, wie die übrigen Blattkiemer, beständig von den beiden Schalen vollständig umschlossen wird. Erst in einer späteren Zeit bleiben diese Schalen in ihrem Wachsthum zurück.

Auch bei den übrigen Lamellibranchiaten erleiden die Schalen im Laufe der Entwicklung mancherlei Veränderungen. Bei den Najaden verlieren sie den zungenförmigen Fortsatz am ventralen Ende, Flachheit und dreieckige Gestalt, nachdem sie sich schon vorher geschlossen haben. Die Bildung des Schlosses geht ebenfalls erst allmälig und in verhältnißmäßig später Zeit vor sich.

Mit den Acephalen hört der gemeinsame Entwicklungstypus der Mollusken auf. Die Bildungsgeschichte der Tunikaten bietet uns — so viel wir bis jetzt davon wissen — so große Verschiedenheiten, daß wir kaum irgendwo eine Annäherung an die höheren Formen der Mollusken hervorzuheben wissen. Auch im ausgebildeten Zustand zeigen diese Thiere sehr auffallende Eigenthümlichkeiten und Abweichungen von den eigentlichen Mollusken. Allein man könnte vielleicht vermuthen, in der Entwicklungsgeschichte Erklärung und Vermittlung derselben zu finden. Bis jetzt aber ist solche Vermuthung ohne Bestätigung geblieben.

Die Ascidien durchlaufen eine Metamorphose. Wenn sie das Ei verlassen, sind sie kuglichte Körper mit einem schwanzartigen Locomotionsorgane, das man vielleicht dem Segel der übrigen Mollusken vergleichen könnte. Der Körper ist die frühere Dotterkugel, auf deren Rindenschicht durch Aufwulstung und Abschnürung jener spätere Anhang sich gebildet hat. Weitere Organe sind noch nicht wahrzunehmen, wenn man nicht etwa die bei einigen Larven auf dem Rücken beobachteten zwei Pigmentflecke für Augen ansehen will. Die äußere Bedeckung ist eine weite gelatinöse Hülle, das spätere Skelet.

Fig. 413.



Fig. 414.



Larven einer Ascidie (Cynthia depressa)
Bei 414 noch im Ei.

Nach einiger Zeit setzt sich die Larve mit dem freien Pole ihres Körpers fest. Der schwanzartige Anhang, der dadurch außer Thätigkeit gesetzt wird, geht verloren, und von dem ganzen Thiere bleibt nur der frühere kuglichte Körper. Aus diesem entsteht die spätere Ascidie. Die Eingeweide bilden sich aus der centralen Dottermasse, welche sich inzwischen von der äußeren glashellen Rindenschicht immer mehr entfernt und um ihre quere Achse gedreht hat, so daß der vordere Pol zu dem hintern geworden ist. Die Geschlechtstheile entstehen, wie gewöhnlich, von allen Organen am spätesten.

Außer der geschlechtlichen Vermehrung findet sich bei den Ascidien, wenigstens bei den zusammengesetzten Arten, auch eine ungeschlechtliche, die in den meisten Fällen durch Knospenbildung vermittelt wird. Im Anfang erscheinen diese Knospen, die beständig in der Nähe der Anheftungsstelle hervorwachsen, als birnförmige Ausstülpungen der skeletartigen Mantelhülle, in welche das Blut aus der Leibeshöhle hineintritt. Das blinde Ende derselben füllt sich nach einiger Zeit mit einer körnigen Masse, aus der sich allmälig die Eingeweide einer neuen Ascidie hervorbilden, oder auch wohl, in einigen Fällen, die Eingeweide einer ganzen Thiergruppe, nachdem jene Masse sich vorher in einige Häufchen gesondert hat.

Fig. 415.



Dieselbe Vervielfältigung geht mit der centralen Dottermasse der Embryonen bei den zusammengesetzten Arten (Botryllus) vor sich. Noch bevor bei diesen der schwanzartige Anhang abgeworfen ist, theilt sich der freie Pol dieser Masse (der durch die spätere Drehung die entgegengesetzte Lage annimmt) in eine Anzahl knopfförmiger Hervorragungen, von denen eine jede allmälig in die Eingeweidemasse eines eigenen Individuums sich verwandelt. Aus einer einzigen Larve entsteht auf solche Weise (also durch Generationswechsel, wie bei den Bryozoen) eine ganze Colonie von Thieren.

Auch bei den Salpen findet sich eine Vermehrung auf ungeschlechtlichem Wege, jedoch nur bei den solitären Formen, die der Geschlechtsorgane zeitlebens entbehren, wie die Mehrzahl der Individuen bei den Blattläusen und Wasserflöhen.

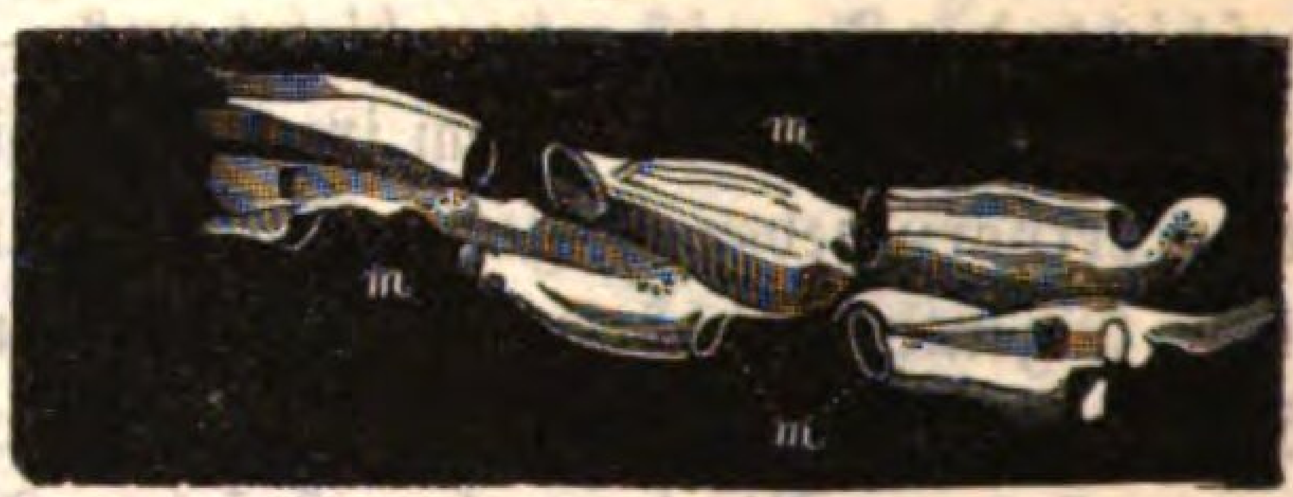
Die Stelle der Genitalien vertritt in diesen Thieren ein eigenthümliches strang- oder fadenförmiges Gebilde, das in seiner ganzen Länge mit zahlreichen winzigen Knötchen besetzt ist, eine Keimröhre, deren Knötchen allmälig zu einzelnen Individuen auswachsen. Ist die Ausbildung derselben erfolgt, dann treten sie in einzelnen unter sich verbundenen Gruppen durch eine besondere Oeffnung nach Außen.

Fig. 416.



Solitäre Salpe mit der Keimröhre (a).

Fig. 417.



Salpenkette.

Auf solche Weise entstehen die zusammengesetzten Formen der Salpen, die wir trotz mancherlei Verschiedenheiten in Körperform und Muskulatur nicht als besondere Arten betrachten dürfen, sondern nur als die Brut der solitären Formen, und zwar als die ausgebildete, weil sie mit Geschlechtsorganen ausgestattet wird. Die solitäre Brut ist eine Generation von vorbereitenden Ammen.

Die Entwicklung der solitären Individuen aus dem befruchteten Ei geschieht im Innern des mütterlichen Körpers und ohne Metamorphose. Die specielleren Vorgänge dieser Entwicklung sind noch unbekannt, was wir um so mehr bedauern müssen, als die Anwesenheit eines ansehnlichen Dotterrestes neben den Eingeweiden und der placentenartige Zusammenhang derselben mit dem Mutterkörper manche interessante Abweichungen von der Genese der übrigen Wirbellosen vermuthen läßt.

Ueber die Bildungsgeschichte der Echinodermen haben wir erst in der jüngsten Zeit und vornehmlich durch die mühevollen und ausdauernden Untersuchungen eines berühmten deutschen Anatomen einen näheren Aufschluß bekommen. Wunderbare, überraschende Vorgänge, die uns hier entfaltet sind, die unsere Kenntnisse über die Verwandlungsgeschichte der Thiere weit gefördert haben. Was wir darüber wissen, ist allerdings in manchen Stücken noch unvollständig und fragmentar, aber doch wohl hinreichend, uns den einheitlichen Plan in der Entwicklung dieser Thiere *) zu zeigen.

Die Eier der Echinodermen durchlaufen einen regelmäßigen Furchungsproceß. Ist derselbe vollendet, so bedeckt sich der Dotter mit einem Flimmerüberzuge und beginnt nach Durchbrechung der Eischale als Larve ein selbstständiges Leben.

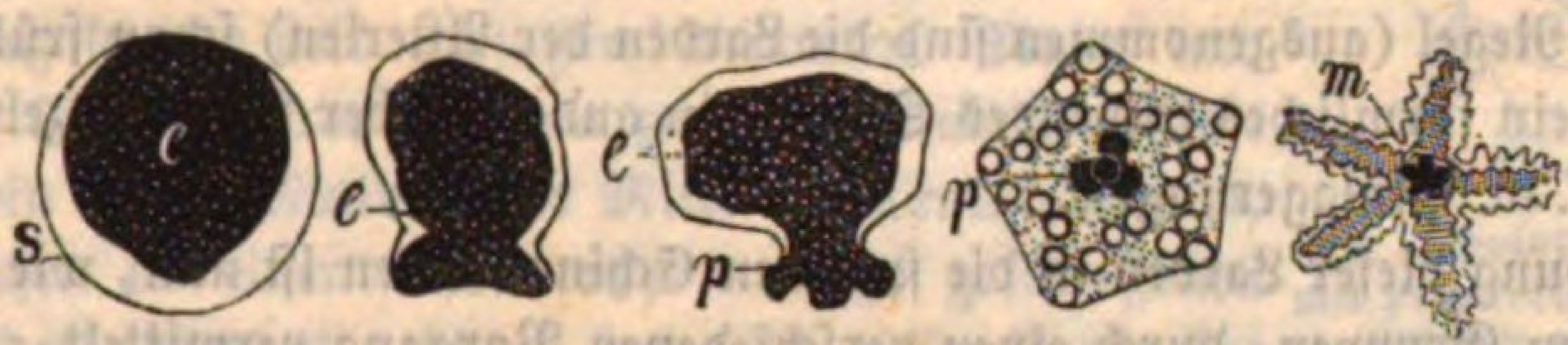
Wir kennen bis jetzt nur eine einzige Ausnahme von dieser Entwicklungsweise bei den Echinodermen. Sie betrifft eine kleine lebendig gebärende Ophiura, deren Eier an ihrer Bildungsstätte verweilen, bis die jungen Thiere vollständig entwickelt sind. In einfacher Weise geht hier die Umwandlung des zerklüfteten Dotters in den Seestern vor sich. Eine Abplattung verwandelt ihn in eine Scheibe, die sehr bald fünfeckig wird und in fünf Arme sich auszieht, nachdem ihre Bedeckungen schon frühe zum Skelet erhärtet sind. — Die übrigen Echinodermen werden (vielleicht mit Ausnahme der etwa sonst noch lebendig gebärenden Arten), wie bemerkt, viel früher geboren, so frühe, daß sie nur durch eine Metamorphose zu ihrer späteren Gestalt und Lebensweise gelangen können. Allerdings findet sich in der Art dieser Metamorphose eine auffallende Verschiedenheit, je nach den äußeren Umständen,

*) Nur die Sipunculiden machen in dieser Beziehung eine Ausnahme. Die Entwicklung und Larvenform derselben zeigt eine auffallende Aehnlichkeit mit den Anneliden — ein Umstand, der in augenscheinlicher Weise die Annahme einiger Zoologen unterstützt, daß die Sipunculiden der Gruppe der Würmer zu überweisen seyen. Die Abtheilung der Würmer wird im Laufe der Zeit überhaupt noch große Veränderungen erleiden. Wir wollen nicht verkennen, daß mancherlei Formen mit differentem Typus darin neben einander stehen.

unter denen sie vor sich geht, oder nach dem Endziel, zu dem sie hinführt, aber es fehlt auch dabei nicht an gewissen Zügen einer innern typischen Uebereinstimmung.

Am einfachsten ist diese Metamorphose da, wo sie unter Bedingungen vor sich geht, die dem frühern Aufenthalte der Frucht möglichst ähnlich sind, wo die Eier in der zwischen den Armen der Mutter gebildeten Bruthöhle eingeschlossen werden und die Embryonen an dieser Stelle (wie es ohne Zweifel geschieht) eine passende und hinreichende Nahrung finden. So bei einigen Seesternen, Echinaster, Asteracanthion Mülleri und gewiß noch manchen anderen. Der einzige Unterschied von der Entwicklung der lebendig gebärenden Ophiura ist der, daß die junge Larve sich schon frühe mit einem Haftapparate versieht, durch dessen Hülfe sie sich an den Wänden der Bruthöhle festsetzt. Während die eine Hälfte des zelligen Dotters sich

Fig. 418.



Entwicklung von Echinaster sanguinolentus.
s Eischale; *e* Dotter; *p* Haftapparat.

von den Seiten comprimirt und in die pentagonale Scheibenform übergeht, entwickelt sich die andere Hälfte zu einem einfachen oder mehrfachen kolbigen Fortsatz, der an der Bauchfläche eines späteren Interradialraumes angebracht ist und den erwähnten Haftapparat darstellt. Wenn späterhin der Mund und Verdauungsapparat gebildet ist, wenn die Ambulacra hervorgekommen sind und die Arme sich weiter entwickeln, kurz wenn das junge Thier durch seine Organisation befähigt wird, das Leben seiner Eltern zu theilen, dann verkümmern die Anheftungsapparate (auch die Cilien, die den Körper in früherer Zeit überkleideten), bis sie endlich spurlos verschwunden sind. (Die Madreporenplatte kann wohl nicht gut ein Rest dieser Larvenorgane seyn, da sie auch bei anderen Arten mit abweichender Entwicklungsweise vorkommt.)

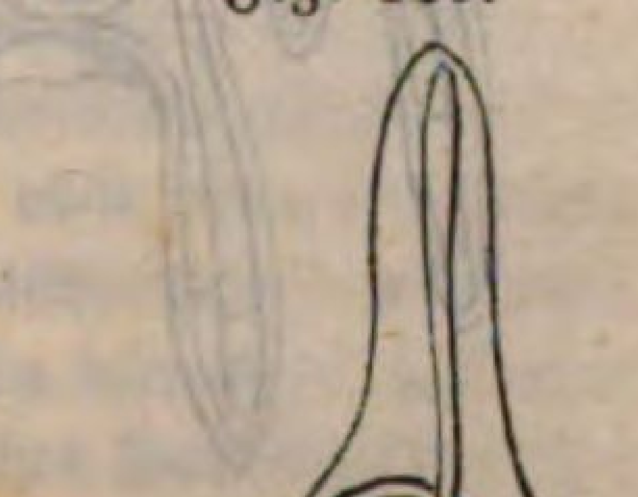
Bei der größeren Mehrzahl der Echinodermen ist die Metamorphose aber sehr viel complicirter. Die Larven derselben bleiben nicht, wie die der eben betrachteten Formen, einfache sphärische oder ovale Körper ohne weitere Organisation, sondern werden allmälig (vor ihrer definitiven Verwandlung) mit vollständigen provisorischen Apparaten ausgerüstet, mit locomotorischen Organen, Darmkanal, Nervensystem, bisweilen sogar auch mit Sinnesorganen und einem excretorischen (?) Kanale, dem sog. Wassergefäßsystem. Daß diese höhere Organisation mit der freieren Lebensweise der betreffenden Larven teleologisch zusammenhängt, ist unverkennbar. Statt der engen Bruthöhle umfängt sie das weite Meer, aus dessen Bewohnern sie eine passende Nahrung für die Bedürfnisse des Körpers und die späteren Verwandlungen zusammensuchen müssen. *)

Fig. 419.



Jugendzustand einer Bipinnaria (Asterienlarve), mit Darmkanal und Wimperschnüren.

Fig. 420.



Pluteus (Seeigellarve), mit Darmkanal.

Diese Larven (419 u. 420), die sich in einfacher Weise aus der früheren Kugelform des Embryo hervorbilden, sind von den späteren Echinodermen sehr auffallend verschieden. Sie theilen nicht einmal den radiären Bau derselben, sondern sind seitlich symmetrisch,

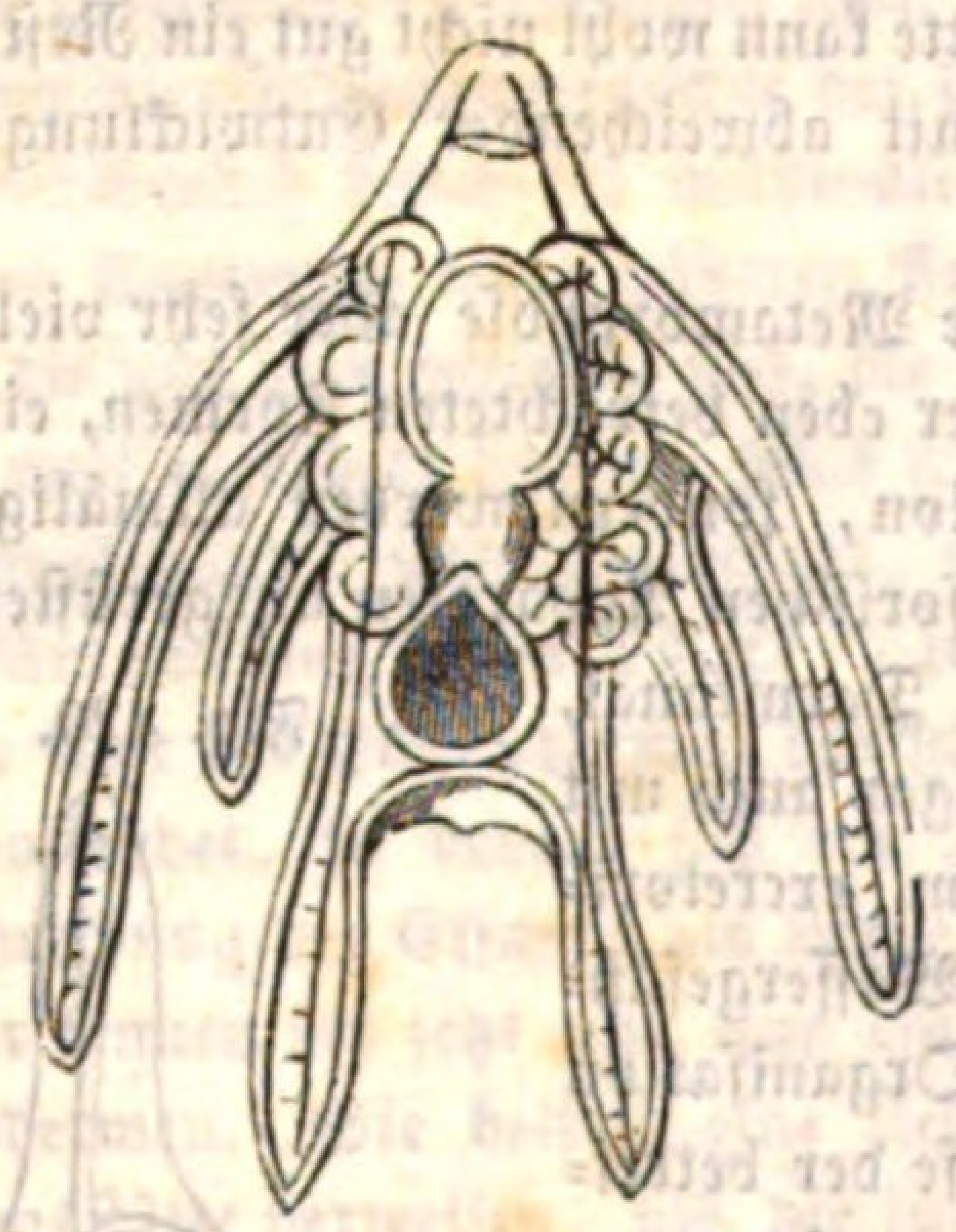
*) Man hat allerdings auch eine Larve mit provisorischem Haftorgan ein Mal im freien Meere gefangen und beobachtet; wir möchten aber bis auf Weiteres vermuthen, daß sich diese durch einen Zufall aus der Bruthöhle ihrer Mutter getrennt habe.

wie die höheren Thiere. In der Regel haben sie — und so ist es namentlich bei den Seesternen, Seeigeln und Holothurien — einen kurzen gedrungenen Körper mit abgeplatteter Bauchfläche. Den Saum dieser Fläche begrenzt eine ansehnliche Wimperschnur, die als provisorisches Locomotionsorgan dient. Der Mund liegt in der Mittellinie des Körpers an der Ventralfläche, der After (der Anfangs fehlt) auf dem Rücken, in der Nähe des Hinterleibsendes. Die Rückenfläche ist gewöhnlich durch eine starke Wölbung, mitunter sogar durch eine Pyramidenform ausgezeichnet. Der gewimperte Rand derselben greift gewöhnlich am Vorderende, bisweilen auch hinten, mit einem starken Bogen auf die Bauchseite über und ist in mehr oder minder zahlreiche und lange zipfelförmige Anhänge ausgezogen, deren wechselnde Formen auf die Gestalt der Larven einen großen Einfluß ausüben. Das Kalkgerüst der Haut erscheint in der Regel (ausgenommen sind die Larven der Asterien) schon frühe und bildet in einigen Fällen ein förmliches stützendes Skelet, in anderen aber bloße einzelne drusen- oder radförmige u. s. w. Einlagerungen.

Die Umbildung dieser Larven in die späteren Echinodermen ist nun, wie es scheint, nach den verschiedenen Gruppen, durch einen verschiedenen Vorgang vermittelt.

Die Seesterne und Seeigel, die wir zunächst betrachten, entstehen im Innern derselben durch eine Art Knospenbildung, in jeder Larve nur ein einziges Individuum. Die ersten Andeutungen dieser Bildung bestehen in gewissen blinddarmartigen Figuren, die im Umkreis des Magens hervorkommen und in kurzer Zeit denselben kranzförmig umgeben (Fig. 421). Späterhin verschmelzen dieselben zu einer Scheibe, die allmälig entweder in die Arme eines Seesternes sich auszieht oder zu dem kugelförmigen Körper eines Seeigels sich vervollständigt. Die Längsachse der Larve wird durch diese Scheibe fast rechtwinklig durchschnitten.

Fig. 421.



Pluteus paradoxus (Ophiurenlarve), mit der ersten Anlage des spätern Seesternes.

Fig. 422.



Pluteus paradoxus, mit dem spätern Seestern.

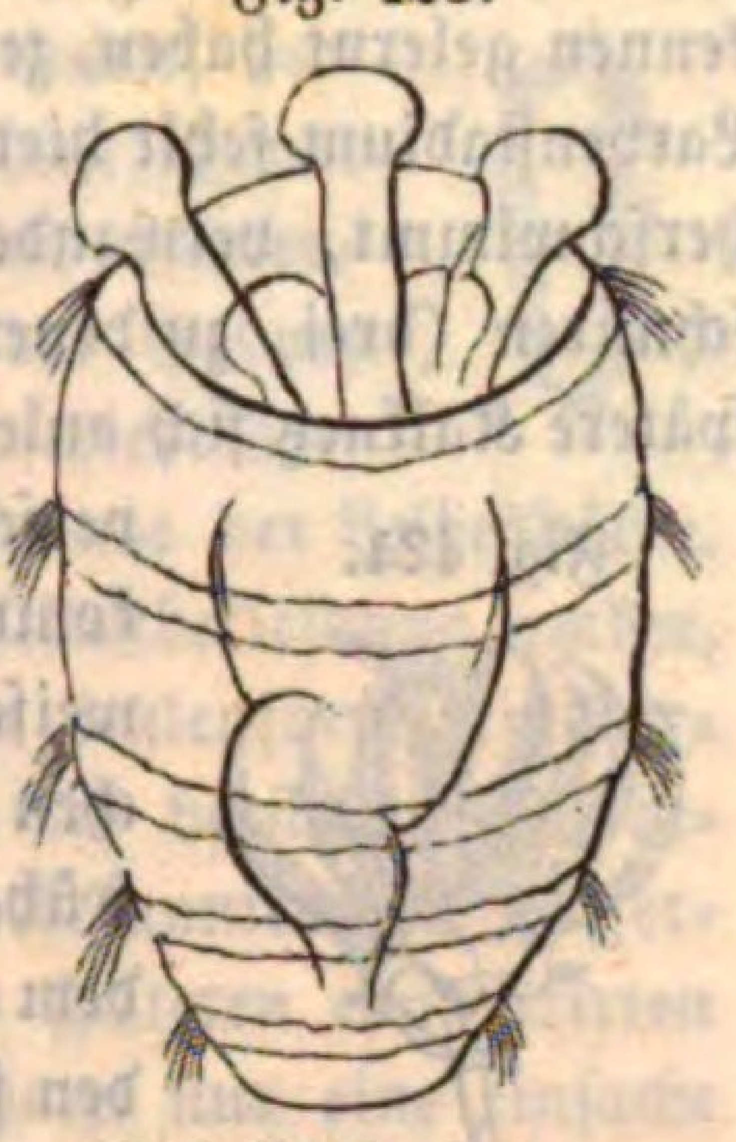
Im Anfang ist das junge Echinoderm in die Substanz des Larvenkörpers vollkommen eingebettet. Während des allmäligen Wachsthums tritt es aber nach Außen hervor, und immer mehr, je mehr es sich ausbildet (Fig. 422). Von allen Organen der Larve wird nur der Magen in das neue Thier mit aufgenommen. Mund und After derselben gehen verloren, da die gleichnamigen Oeffnungen des Echinoderm durch Neubildung an demselben entstehen.

Ist das Echinoderm vollkommen entwickelt, so werden die Larvenreste abgestoßen, entweder im Ganzen und auf einmal (Asterien), oder allmälig (Ophiuren und Seeigel).

Die Madreporenplatte stammt wahrscheinlich aus der frühesten Zeit des Zusammenhanges zwischen Echinoderm und Larve. Gleich einer Narbe scheint sie die Stelle zu bezeichnen, an der ein embryonales, in den Körper des späteren Thieres aufgenommenes Organ von dem Larvenkörper sich loslöste. Daß dieses Organ nicht der Oesophagus der Larve ist, wie man

anfangs vermuthete, wissen wir freilich, doch ein Weiteres ist noch unbekannt. Vielleicht hat man dabei an das oben erwähnte Excretionsorgan zu denken.

Fig. 423.



Holothurienlarve mit provisorischen Wimperreifen und den ersten Tentakeln.

Bei den Holothurien geht die Entwicklung aus der Larve durch eine einfachere Metamorphose vor sich. Indem die seitlichen Verlängerungen des Körpers sich allmälig bis zum vollständigen Verschwinden verkürzen und einziehen, nimmt der Körper nach und nach eine walzenförmige Gestalt an. Die bilaterale Wimperschnur wird dabei durch einen neuen provisorischen Locomotionsapparat, durch ringförmige Wimperreifen, die in mehrfacher (fünf) Anzahl den Leib umfassen, vertreten. Mund und Schlund der früheren Larve scheinen zu verschwinden. Statt ihrer entsteht ein neuer Mund in der Mitte des Tentakelsternes, der sich inzwischen in einer besondern, anfangs geschlossenen Höhle des Vorderleibsendes gebildet hat. In dieser Form hat das Echinoderm bereits die größte Aehnlichkeit mit einer Holothurie, obgleich die locomotiven Füßchen *) und baumförmigen Lungen derselben noch fehlen und anstatt der ersteren ein sehr abweichender Bewegungsapparat vorhanden ist.

*) Es gibt bekanntlich Holothurien, bei denen diese Füßchen beständig fehlen, die Formen des Gen. Synapta. Von den Arten dieses Genus hat die eine (S. digitata) dem berühmten Entdecker der Echinodermenmetamorphose so eben Gelegenheit zu einer Beobachtung gegeben, auf deren Erklärung wir einstweilen noch vollkommen verzichten müssen. So wunderbar, so paradox ist die Thatsache, die wir durch sie erfahren haben. In manchen dieser Synapten findet sich nämlich zu gewissen Zeiten (Spätsommer) in der Leibeshöhle ein ansehnlicher, zwei bis drei Zoll langer, einfacher Schlauch, dessen eines Ende an dem Darme der Synapta (durch eine sonderbare Verbindung mit dem Darmgefäße) angeheftet ist. In diesem Schlauche, dessen Wandungen aus einem Muskelgewebe bestehen und auf der Innenfläche mit schwingenden Cilien bekleidet sind, bilden sich nun Spermatozoen und Eier. Nach dem Contacte dieser beiden Generationsstoffe erfolgt eine Befruchtung der Eier; der Dotter furcht sich und bildet nach einem uns bekannten Schema — — Schnecken, Gasteropoden mit Segellappen und Conchylie, die dem Gehäuse einer Natica ähnlich sieht. — So weit geht der thatsächliche Inhalt dieser Beobachtung, deren weitere Verfolgung zu den interessantesten Resultaten führen, vielleicht auch viele unserer Fundamental-Ansichten (und wer weiß bis zu welchem Grade?) umgestalten wird. Das wunderbare Räthsel dieser Beobachtung schon jetzt zu lösen, würde natürlich ein vergeblicher Versuch seyn. Aber andeuten dürfen wir wohl, wie das auch von dem Entdecker selbst geschehen ist, in welcher Richtung diese Lösung gesucht werden möchte. Es handelt sich dabei vornehmlich um die Natur des Schneckenschlauches, es handelt sich zunächst darum, ist er ein Organ oder Produkt der Synapta oder nicht? So sehr nun auch der organische Zusammenhang mit dem Darm der Synapta für ein solches genetisches Verhältniß zu sprechen scheint, so widerstreitet doch diese Annahme Allem, was wir bisher über die Art der Fortpflanzung kennen. Eine Holothurie gebiert eine Schnecke, ist das — nach unsern heutigen Kenntnissen von dem typischen Bau dieser Thiere — nicht ebensoviel, als wenn die Vögel anfingen, Maikäfer oder Regenwürmer zu gebären? Ueberdieß besitzt die Synapta (auch die Individuen mit Schneckenschlauch) ihre besonderen Geschlechtsorgane, sie ist also auch nach allen gegenwärtig herrschenden Ansichten ein ausgebildetes Thier, dessen direkte Nachkommen, so dürfen wir wohl annehmen, nach dem Typus der verwandten Echinodermen sich entwickeln. Aber auch der Schneckenschlauch ist (wenn er kein Organ der Holothurie seyn kann) ein ausgebildetes Thier, er hat ja gleichfalls Generationsapparate — ist es vielleicht möglich, ihn als einen Sprößling der Synapta, als eine entwickelte, geschlechtsreife Knospe anzusehen? Noch mehr spricht hiergegen, als gegen die erstere Annahme. Besteht nun zwischen dem Schneckenschlauch und der Synapta kein genetischer Zusammenhang, so ist der geschlechtsreife Schneckenschlauch ein Eindringling, der sonderbarer Weise mit dem Wirthe in eine Gefäßverbindung getreten ist, der ganz constant eine gewisse Stelle im Körper seines Wirthes aufsucht; er ist ferner ausgebildet, weil er geschlechtsreif ist, und eine Schnecke, weil seine Nachkommen die unverkennbaren Charaktere dieser Thiere an sich tragen. Diese jungen Schnecken verhalten sich dann zu dem späteren

Die Entwicklung der Crinoiden, die wir neuerdings bei Comatula ziemlich vollständig kennen gelernt haben, zeigt uns abermals einige auffallende Verschiedenheiten. Das bilaterale Larvenstadium fehlt hier. Der Embryo, der eine Zeit lang durch seine Ciliarbekleidung umherschwimmt, verwandelt sich ohne Weiteres in einen walzenförmigen Körper mit Wimperschnüren (drei, zu denen sich später noch ein vierter gesellt), in dessen Hautbedeckung das spätere Kalknetz sich anlegt. Aber auch diese Form hat nur kurze Dauer. Die Wimperschnüre

Fig. 424.



Fig. 425.



Encrinites liliiformis.

verschwinden, die junge Larve sinkt zu Boden und bekommt jetzt eine Anzahl Ambulacra, die Anfangs paarweise auf der einen Körperfläche stehen und zum Kriechen bestimmt sind. Auf derselben Fläche waren schon früherhin ein paar Oeffnungen sichtbar, die vielleicht dem Verdauungsapparate angehören, aber zu verschwinden scheinen, wenn die schwimmende Bewegung aufhört. Doch damit ist die Metamorphosenreihe dieser Thiere noch immer nicht abgeschlossen. Später findet man die jungen Comatulen mit Hülfe eines Stieles festgeheftet (Fig. 424), von keulenförmigem Körper, an dessen vorderem Ende die langen gracilen Arme hervorkommen. Sonder Zweifel schließt sich dieses Stadium unmittelbar an das vorhergehende an. Die tentakeltragende Körperfläche wird zur späteren Mundfläche, um die sich die Körperränder zusammenschlagen, während die gegenüberliegende (schon vorher buckelförmig aufgetriebene) Fläche des Leibes sich festsetzt und zu einem Stiele auszieht. Hat die junge Comatula nun auf ihrem Stiele die spätere Sterngestalt bekommen, so löst sie sich los, um ein neues freies Leben im Meere zu beginnen. Eine knopfförmige Hervorragung am Hinterleibsende der Comatula bleibt als Rest des früheren Stieles. Andere verwandte Formen — lebende wie ausgestorbene (Fig. 425) — (Pentacrinus) bleiben beständig festgeheftet.

In gleicher Weise, wie die Echinodermen, nehmen auch die Coelenteraten durch die merkwürdigen Vorgänge ihrer Entwicklung unser Interesse in Anspruch. Die Mehrzahl dieser Thiere entwickelt sich durch eine Metamorphose, die in den verschiedenen Gruppen dieselben typischen Züge darbietet, durch eine verschiedenartige Complication mit der ungeschlechtlichen Vermehrung, der Theilung und Knospenbildung, aber in vielen Fällen ein sonderbares und abweichendes Aussehen annimmt.

Nach Vollendung der regelmäßigen Zerklüftung und Zellenbildung erscheint der Dotter dieser Thiere als ein einfacher Embryo von kugliger oder ovaler Gestalt, der durch den Besitz eines äußern Flimmerkleides zu einer selbstständigen Bewegung befähigt ist (Fig. 425).

Schlauch, wie etwa die schwimmenden Larven der Lernäaden zu dem ausgebildeten unförmlichen Thiere; sie sind die Larven des Schlauches, der aber seine ganze frühere Molluskennatur, Conchylie, Fuß und Segel, Darm und übrige Eingeweide abgelegt hat, um zu einem einfachen Parasiten zu werden. Allerdings sind das unerhörte Verhältnisse, die man gewiß nicht ohne Weiteres annehmen darf — aber einstweilen möchten sie vielleicht immer noch glaublicher seyn, als jene ersteren, die (würden sie bestätigt) eine unberechenbare Revolution in unserer Wissenschaft hervorbringen müßten. (Oder ist der Schneckenschlauch etwa ein pathologisches Gebilde der Synapta, wie ein Gallapfel, der dadurch entstand, daß eine Schnecke in den Körper derselben ihre Geschlechtscontenta absetzte? Freilich müßte dieses dann schon zu einer Zeit geschehen, in der die letzteren noch unvollständig ausgebildet wären, aber bei der Uebertragung in den Leib eines lebenden Thieres möchte dadurch wohl die weitere Entwicklung dieser Elemente nicht gehindert werden.)

Schon in diesem Zustande gelangt das junge Thier, als eine Larve, gewöhnlich in's Freie. Nur einige wenige Formen, wie namentlich die Actinien, verharren eine längere Zeit in der Leibeshöhle der Mutter, wo sie eine hinreichende Nahrung finden und ohne weitere auffallende Veränderungen (und Larvenorgane) sich allmälig in die bleibende Form verwandeln. Bei der Geburt gleichen die jungen Actinien bereits ihren Eltern. Die einzigen Unterschiede derselben bestehen in einer geringern Zahl der Tentakel und Scheidewände der Leibeshöhle. Die übrigen Polypen schwimmen eine Zeitlang durch Hülfe ihrer Ciliarbekleidung umher, bis sie mit dem einen Pole ihres Körpers sich festsetzen und zu einem keulenförmigen Körper werden, dessen vorderes Ende mit Mundöffnung und Tentakeln sich versieht. Sie besitzen in diesem Zustande eine Form und Organisation, die mit unseren bekannten Süßwasserpolypen (vgl. Fig. 111) im Wesentlichen übereinstimmt. Statt des späteren complicirten Verdauungsapparates scheint sich namentlich im Anfang auch bei ihnen nur eine einfache Leibeshöhle von sackförmiger Beschaffenheit, ohne Scheidewände und Magenrohr, vorzufinden.

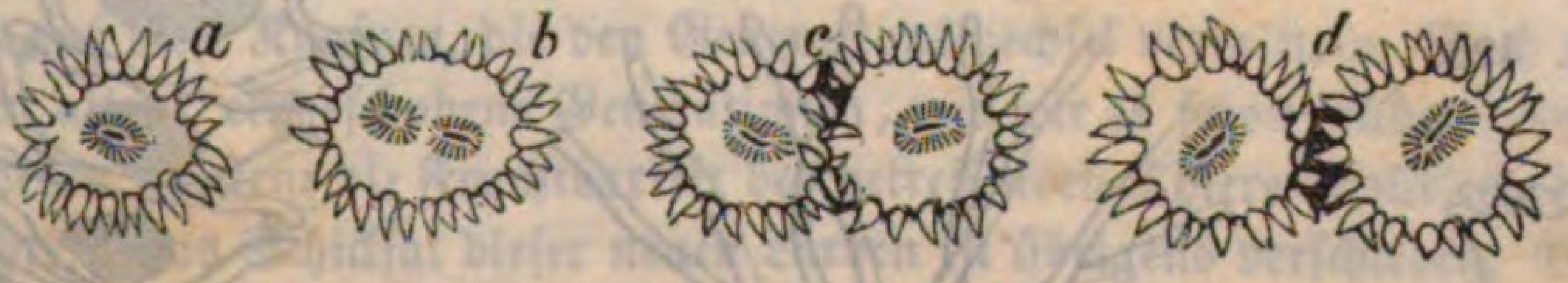
Fig. 426.



Durch welche späteren Veränderungen diese Polypenlarve sich in das ausgebildete Thier verwandelt, ist heute noch unbekannt. Für viele Arten dürften wir aber in der Folge wohl noch manche merkwürdige Formen der Metamorphose auffinden, wohl auch Erscheinungen der ungeschlechtlichen Vermehrung während des Larvenlebens, die mit dem Generationswechsel der übrigen Thiere mehr oder minder übereinstimmen werden. Gewiß wird auch schon in dieser Zeit zum Theil der Grund zu jenen sonderbaren Colonieen gelegt, in denen wir die meisten Polypen späterhin vereinigt finden.

Die Colonieen der Polypen entstehen, wie alle Thiercolonieen, durch die ungeschlechtliche Vermehrung eines im Anfang ganz einfachen Thieres, in der Regel durch eine (äußere) Knospenbildung, aber auch mitunter, wie namentlich bei einigen Polypen (Caryophyllia Fig. 427), durch Längstheilung. Was die ungeschlechtliche Vermehrung bei der Coloniebil-

Fig. 427.



dung charakterisirt, ist der Umstand, daß sich die Produkte derselben von ihrem Mutterthiere nicht trennen, sondern beständig damit in Zusammenhang bleiben. Streng genommen führt eigentlich eine jede ungeschlechtliche Vermehrung durch Theilung oder äußere Knospen zur Coloniebildung; nur daß in der Regel diese Colonieen einen sehr kurzen, vorübergehenden Bestand haben. In solchen Fällen ist die Coloniebildung nur ein äußeres begleitendes (ich möchte fast sagen zufälliges) Phänomen der Vermehrung, in jenen anderen Fällen aber ist sie beabsichtigt und in den Lebensplan der betreffenden Thiere aufgenommen.

Die Akalephen sind im ausgebildeten Zustande beständig einfache Thiere. Trotzdem treffen wir aber auch bei ihnen (wenigstens bei den Discophoren) die Phänomene der ungeschlechtlichen Vermehrung. Wir kennen einzelne kleine Scheibenquallen (Sarsia, Cytaeus, Thaumantias), die sogar im ausgebildeten (aber noch geschlechtslosen) Zustande an der Basis der Randfäden oder am Mundstiel Knospen treiben und durch diese sich vermehren. Weit häufiger ist die ungeschlechtliche Vermehrung bei den Larven der Akalephen, die dadurch, wie wir sehen werden, nicht bloß sehr allgemein die Fähigkeit zur Aufammung der Scheibenquallen bekommen, sondern auch zur bleibenden Coloniebildung.

Die Entwicklung der Rippenquallen ist uns noch vollkommen unbekannt, geht aber vermuthlich ohne eine auffallende freie Metamorphose vor sich, wie bei den Actinien. Wenigstens darf man dieses wohl daraus erschließen, daß man bei ihnen die spätere Form

und Bildung schon zu einer Zeit beobachtet hat, wo sie noch außerordentlich klein ($^1/_{10}$''' groß) waren.

Sehr viel zusammengesetzter ist die Entwicklung der Scheibenquallen, die, wie es scheint, in allen Fällen eine Metamorphose durchlaufen, und in den ersten Stadien ihres Lebens wohl beständig nach Art der Infusorien als kleine wimpernde Körper umherschwimmen. In einigen Arten (Campanella, Polyxenia, vielleicht auch Chrysaora u. a.) scheint die spätere Scheibenform sich unmittelbar aus diesem Stadium des Larvenlebens hervorzubilden. Der kugelförmige Körper plattet sich dann zu einer Scheibe ab, die durch die hervorkommenden Tentakel eine Sternform annimmt, in dem Centrum der einen Fläche eine Mundöffnung bekommt und allmälig glockenförmig sich wölbt. Erst wenn die jungen Thiere nach Art ihrer Eltern (durch die Contractionen der glockenförmigen Scheibe) sich bewegen können, verlieren sie ihr embryonales Flimmerkleid. — Die Chrysaoren besitzen auffallender Weise auf allen Stadien dieses Larvenlebens die Fähigkeit der ungeschlechtlichen Vermehrung. Als infusorienartige Thiere, als scheiben- und sternförmige Larven bilden sie (in dem letzten Falle neben der Mundöffnung) kleine ovale Knospen, die sich mit einem Flimmerkleide überziehen, sich loslösen und in derselben Weise, wie ihre Mutterthiere,*) metamorphosiren.

In der Mehrzahl der Fälle ist die Entwicklung der Scheibenquallen aber nicht so einfach. Auf das erste infusorienartige Stadium des Lebens folgt dann noch ein zweiter polypenförmiger Larvenzustand. Die jungen Embryonen setzen sich mit dem einen Körperpole fest und verwandeln sich (Fig. 428 und 429), wie die Larven der ächten Polypen, in keulenförmige oder cylindrische Thiere mit Tentakeln, Mundöffnung und einfacher Leibeshöhle. So viel wir wissen, werden aber diese Larven niemals selbst zu den späteren Scheibenquallen. Sie bilden eine bloße vorbereitende Generation, an der die Medusen durch eine mehrfache Knospung in größerer Anzahl hervorkommen.

Fig. 428.



Fig. 429.

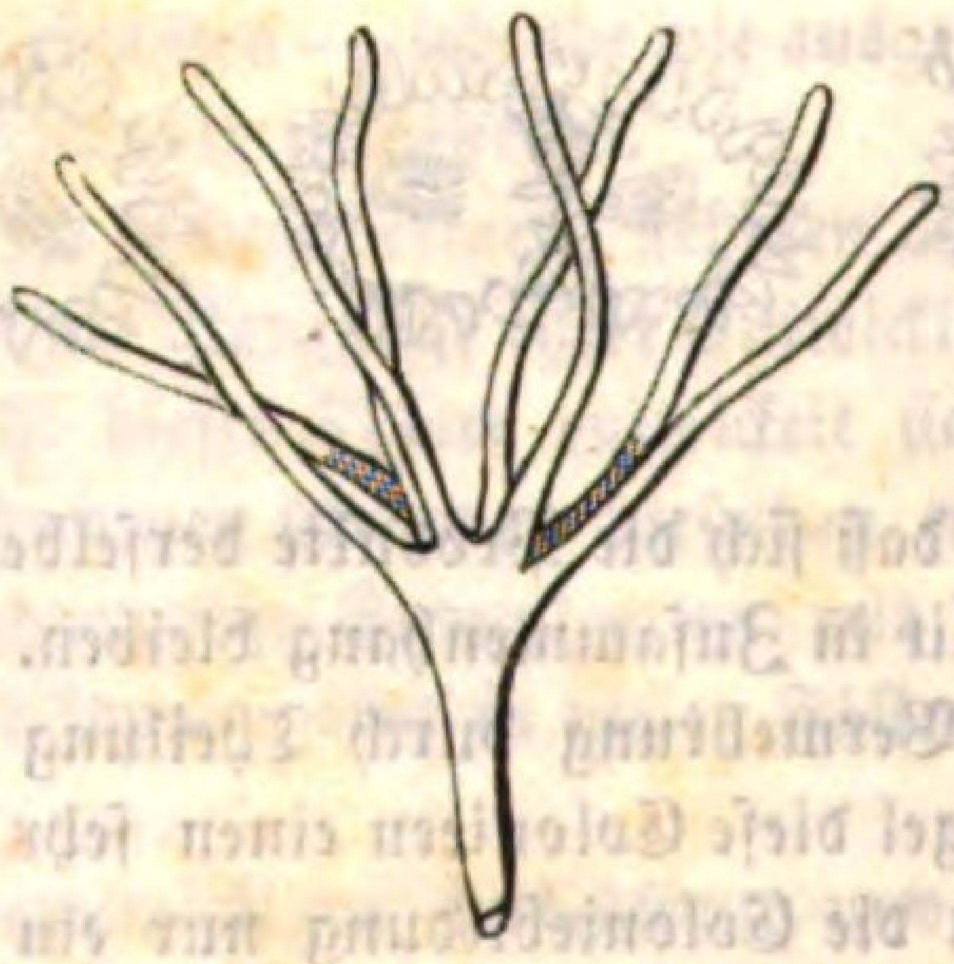


Fig. 430.



Entwicklung von Medusa aurita.
Fig. 428 u. 429: Polypenförmige Larve; Fig. 430: Knospenbildung an derselben.

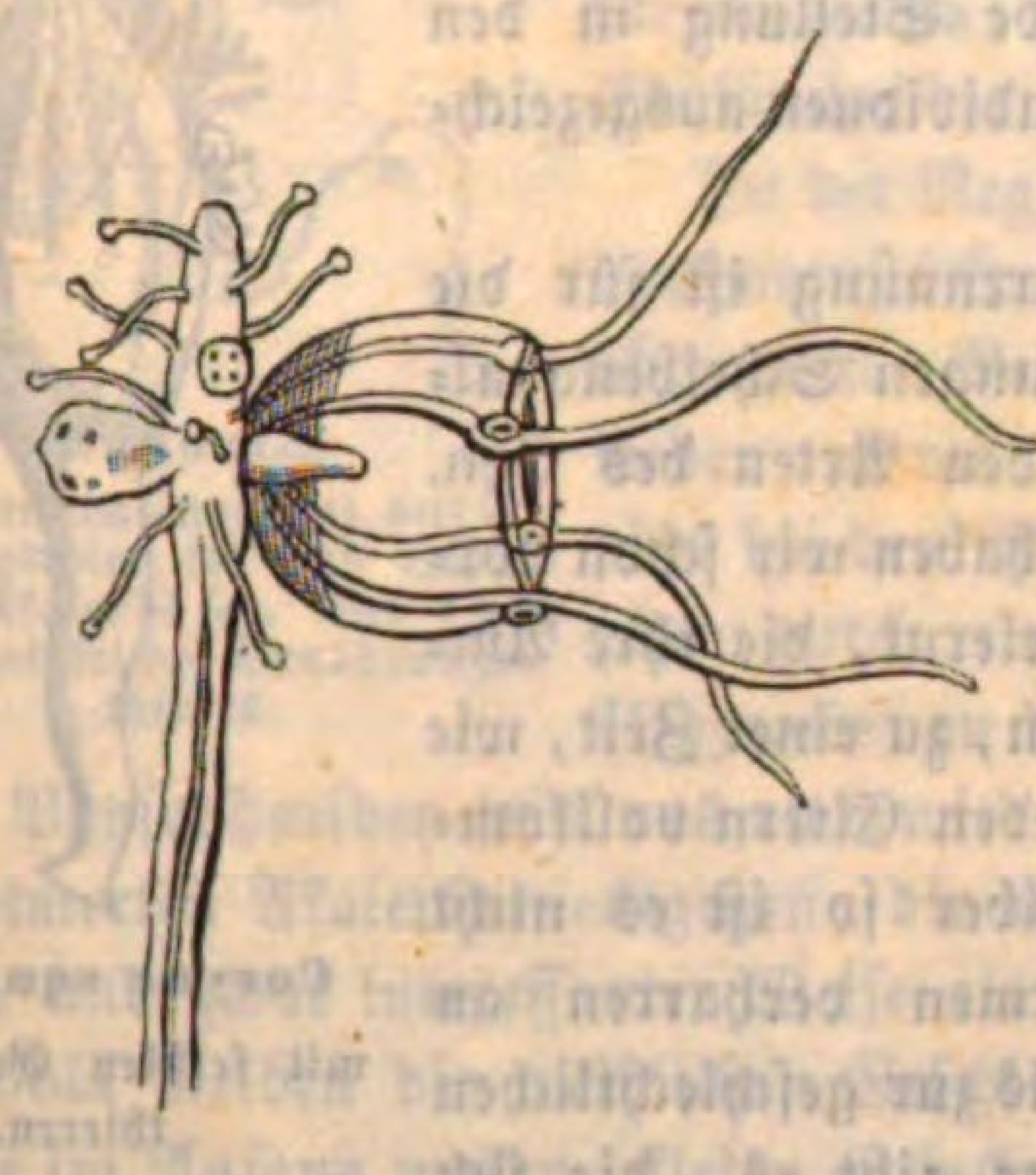
Bei Medusa, Cyanea, Cephea u. a. geschieht dieses (Fig. 430) neben der Mundöffnung. Hier bildet sich zunächst eine einfache rundliche Knospe, die sich allmälig abplattet und in eine Scheibe verwandelt, deren Mundöffnung nach außen gekehrt ist. An der Anheftungsstelle, die der Mundöffnung gegenüber in dem Mittelpunkte der sogenannten Rückenscheibe liegt, entsteht noch vor der Trennung dieses ersten Sprößlings eine zweite Knospe, welche dieselbe Metamorphose durchläuft, sodann eine dritte, vierte u. s. w., bis eine ganze Reihe

*) Eine interessante Thatsache! Wir sehen hier eine ungeschlechtliche Vermehrung während des Larvenlebens, die sich von den Erscheinungen des gewöhnlichen Generationswechsels dadurch unterscheidet, daß nicht bloß die ungeschlechtlich producirten Nachkommen, sondern auch die knospenden Larven selbst in das ausgebildete Thier sich verwandeln.

von jungen Medusen vorhanden ist, die wie die Geldstücke einer Rolle auf einander liegen und von oben nach unten an Entwicklung abnehmen.*) Späterhin lösen sich die einzelnen Scheiben aus ihrem Verbande. Sie werden dann freie und selbstständige Thiere, die durch eine weitere Entwicklung ihrer Tentakel und Arme allmälig ihre bleibende Gestalt annehmen.

Die kleinen sog. nacktäugigen Scheibenquallen (Cryptocarpae Eschsch.) knospen einzeln an dem Körper ihrer Ammen hervor (Fig. 432), finden sich aber gleichfalls nicht selten in den verschiedenen Stadien ihrer Entwicklung neben einander. Die Leibeshöhle der jun-

Fig. 432.



Syncoryne Sarsii mit Medusenknospen.

Fig. 433.



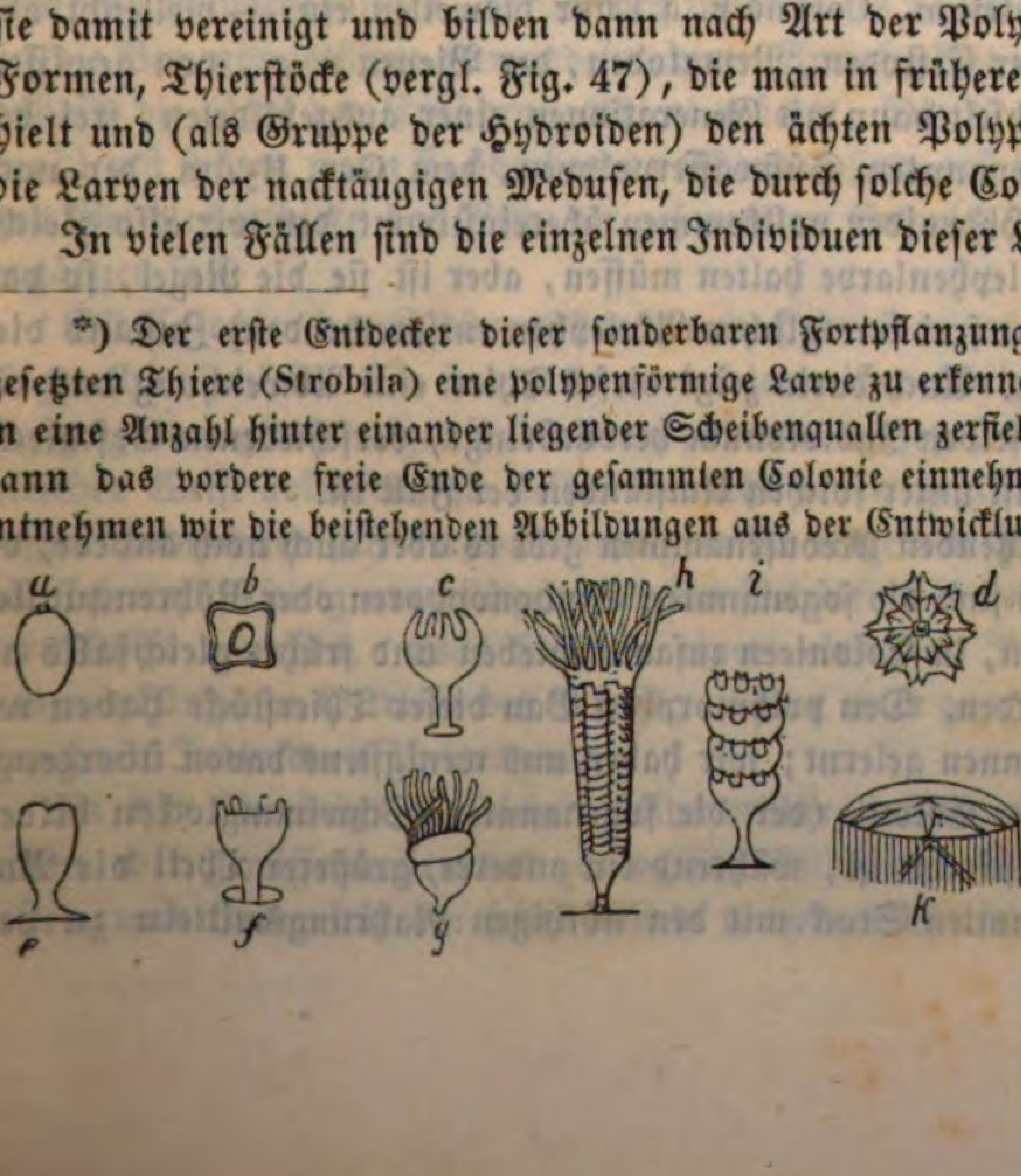
Vorübergehende Colonie von Hydra viridis.

gen Quallen communicirt im Anfang mit der Leibeshöhle der Larven und zieht sich erst allmälig in jene strahlenförmigen Kanäle aus, die die Leibeshöhle der ausgebildeten Akalephen so auszeichnen.

Die ungeschlechtliche Vermehrung der polypenförmigen Medusenlarven beschränkt sich aber nicht bloß auf diese Knospen, die den Generationswechsel vermitteln. Auch neue Larven entstehen an den alten, eingeschobene Generationen, wie wir es schon früher bisweilen beobachtet haben, deren Existenz die Fruchtbarkeit der betreffenden Thiere natürlich bis in's Ungeheure vermehrt. Das Schicksal dieser neuen Larven ist übrigens verschieden. Bald trennen sie sich von ihren Mutterthieren, um isolirt dem Ammendienste sich zu widmen, bald bleiben sie damit vereinigt und bilden dann nach Art der Polypen eine Colonie von wechselnden Formen, Thierstöcke (vergl. Fig. 47), die man in früherer Zeit für selbstständige Geschöpfe hielt und (als Gruppe der Hydroiden) den ächten Polypen einreihte. Es sind namentlich die Larven der nacktäugigen Medusen, die durch solche Coloniebildung sich auszeichnen.

In vielen Fällen sind die einzelnen Individuen dieser Larvencolonieen zur Produktion der

*) Der erste Entdecker dieser sonderbaren Fortpflanzungsweise glaubte in diesem zusammengesetzten Thiere (Strobila) eine polypenförmige Larve zu erkennen, die allmälig durch Quergliederung in eine Anzahl hinter einander liegender Scheibenquallen zerfiele. Die Polypenarme der Larve müßten dann das vordere freie Ende der gesammten Colonie einnehmen. Der Darstellung dieses Forschers entnehmen wir die beistehenden Abbildungen aus der Entwicklungsgeschichte von Medusa aurita.



a Infusorienförmiges Stadium des Larvenlebens; *e, f, c, g* allmälige Entwicklung des polypenförmigen Stadiums (bei *b* sieht man die vordere Kopfscheibe mit Mundöffnung und hervorsprossenden Tentakeln); *h* Strobila-Form der Larve, die sich bei *i* in die einzelnen Scheiben auflöst; *d* junge, *k* ausgebildete Meduse.

Akalephenbrut ganz gleich geeignet. In anderen (und so ist es namentlich bei den sogenannten Sertularinen und bei Hydractinia) gibt es aber in einem solchen Stocke neben den proliferirenden auch noch eine größere Anzahl steriler Individuen, die ausschließlich für die Ernährung der Colonie Sorge tragen, während jene anderen ebenso ausschließlich dem Brutgeschäfte obliegen. Daher kommt es denn auch, daß diese letzteren beständig der Mundöffnung und der Tentakel entbehren. In manchen Fällen sind sie auch durch eine beträchtlichere Größe, bei den Sertularinen sogar durch eine abweichende Stellung in den Achseln der übrigen Individuen ausgezeichnet (Fig. 434).

Fig. 434.



Sertularia,

mit sterilen Ernährungsthieren (*a*, *b*) und aufammenden Larven (*c*). An letzteren sind bereits zwei ausgebildete Medusen vorhanden. Andere weniger ausgebildete liegen im Innern unter der äußeren becherförmigen Skeletthülle.

Fig. 435.



Coryne squamata

mit sessilen Geschlechtsthieren.

Die Zeit der Abtrennung ist für die einzelnen Arten der jungen Scheibenquallen verschieden. In den Arten des Gen. Medusa, Cyanea u. a. haben wir schon vorher Formen kennen gelernt, die ihre Ammen sehr früh verlassen, zu einer Zeit, wie sie noch nicht einmal den Eltern vollkommen ähnlich sind. Aber so ist es nicht überall. Andere Formen verharren an ihrer Bildungsstätte bis zur geschlechtlichen Reife, ja noch andere gibt es, die sich überhaupt niemals von ihren Larven abtrennen. So wissen wir es namentlich von den Sprößlingen vieler sogenannten Hydroiden. Wo nun aber ein solcher beständiger Zusammenhang mit den ammenden Larven stattfindet, da bedürfen die jungen Medusen auch keiner selbstständigen Bewegungs- und Ernährungsorgane, da sie an ihrem Mutterthiere schon ohne Weiteres eine beständige Quelle von Nahrung besitzen. Die Ausrüstung der freien und selbstständig beweglichen Scheibenquallen bleibt diesen Sprößlingen dann fremd. Sie verharren in ihrer ursprünglichen Form, als kleine birn- oder beerenförmige Säckchen, ohne weitere Organe, die sich im Innern allmälig mit Geschlechtsstoffen füllen, mit Spermatozoen oder Eiern, aus deren Contact, wie gewöhnlich, ein gewimperter Embryo hervorgeht (Fig. 435).

Eine solche Generation von sessilen (verkümmerten) Akalephen tritt, wie es scheint, in den meisten Arten (Tubularia, Endendrium, Coryne u. a.) nur bisweilen ein — vielleicht abhängig, wie die Verkümmerung der Cestoden, Nematoden, der Bienen u. a., von gewissen äußeren Verhältnissen — und wechselt dann mit Generationen einer ausgebildeten, frei beweglichen Brut. Bei unserm sogenannten Süßwasserpolypen, dem Gen. Hydra, der nach Form und Bau mit den übrigen Hydroiden vollkommen übereinstimmt, den wir also gleichfalls für eine polypenförmige Akalephenlarve halten müssen, aber ist sie die Regel, so daß wir den ausgebildeten (den übrigen frei beweglichen Akalephen entsprechenden) Zustand dieses Thieres überhaupt nicht kennen. Auch darin zeigt dieses Thier eine Abweichung daß die sessilen Akalephen, die es an demselben Individuum hervorbringt, verschiedenen Geschlechtes sind, nicht desselben, wie es sonst unter solchen Umständen der Fall ist.

Außer den polypenförmig festsitzenden Medusenammen gibt es aber auch noch andere, die eine freie Bewegung haben. Diese sind die sogenannten Siphonophoren oder Röhrenquallen (Fig. 283), die, wie die Hydroiden, in Colonieen zusammenleben und früher gleichfalls als ausgebildete Thiere angesehen wurden. Den polymorphen Bau dieser Thierstöcke haben wir schon oben (S. 386) theilweise kennen gelernt; wir haben uns wenigstens davon überzeugt, daß ein Theil der Individuen dieser Colonie (der die sogenannten Schwimmglocken bildet) ausschließlich für die Bewegung bestimmt ist, während ein anderer, größerer Theil die Aufgabe übernommen hat, den gesammten Stock mit den nöthigen Nahrungsmitteln zu ver-

Fig. 436.



Eudoxia,
Reproductionscanal (*a*) mit Ernährungsthier (*b*) und anhängender Akalephe (*d*). Bei *c* sind die Tentakel des Ernährungsthieres.

sehen. Diese Ernährungsthiere sind es nun auch, die mit der Prolification der jungen Akalephen betraut sind. So wenigstens bei der größern Zahl der Siphonophoren, namentlich bei den Diphyiden (Fig. 436). Es gibt aber auch Stöcke, die ihre besonderen proliferirenden Individuen besitzen, wie die Sertularinen. Bei Velella haben diese allerdings noch eine Mundöffnung, obgleich sie an Größe hinter dem einzigen (centralen) ausschließlich ernährenden Individuum zurückstehen, aber in anderen Arten (Physalia, Stephanomia, sind sie vollkommen mundlos, einfache cylindrische Schläuche, die neben den Ernährungsthieren herabhängen.

In der Regel werden die jungen Akalephen noch an den Siphonophorenstöcken geschlechtsreif, obgleich sie sich dann von denselben abtrennen. Bei den Diphyiden entstehen an demselben Stocke entweder nur männliche oder nur weibliche Thiere. Anders ist dieses aber bei den Physophoriden, wo männliche und weibliche Akalephen durch einander an demselben Stocke, ja sogar mitunter (Physalia) an demselben Mutterthiere groß gezogen werden. Bei vielen Physophoriden tritt uns auch wiederum jene sonderbare Erscheinung von sessilen oder verkümmerten Akalephen entgegen, die wir schon vorher bei den Hydroiden hervorgehoben haben, und zwar interessanter Weise als ein Geschlechtsunterschied. Bei Stephanomia und Athorobia bleiben die weiblichen Geschlechtsthiere, bei Physalia die männlichen beständig, was sie im Anfang waren, kleine einfache Beutel ohne Mundöffnung und selbstständige Bewegungsfähigkeit, die an ihren Mutterthieren anhängen, während die Individuen des andern Geschlechts sich abtrennen und ein freies bewegliches Leben beginnen. In der Verkümmerung der sessilen Akalephen scheint hier aber ein verschiedener Grad zu herrschen. Wenigstens sollen bei den männlichen Individuen von Physalia noch einige Spuren von innerer Organisation vorkommen.

Ueber die Bildung der Siphonophoren-Colonie wissen wir nur so viel, daß die bewegenden, proliferirenden, geschlechtlich entwickelten Thiere u. s. w. im Anfang, wie auch vorauszusehen war, fehlen. Ein einziges Ernährungsthier mit der Luftblase im hintern (obern) Ende der Leibeshöhle repräsentirt zuerst den ganzen spätern Staat. Offenbar ist dieses unmittelbar, wie die erste polypenförmige Larve der Hydroidenstöcke, aus einem bewimperten Embryo hervorgegangen. Späterhin treibt dieses Thier seine Knospen, die sich zunächst wohl in die Bewegungsthiere verwandeln, deren Anwesenheit wenigstens nothwendig seyn möchte, sobald die Zahl der Ernährungsthiere wächst. Die proliferirenden Individuen bilden sich wohl erst später, wenn sie überhaupt vorhanden sind, erst dann, wenn sich durch die Produktion der Geschlechtsthiere das Bild der gesammten Entwicklung zu einem vollständigen Cyclus ergänzen soll.

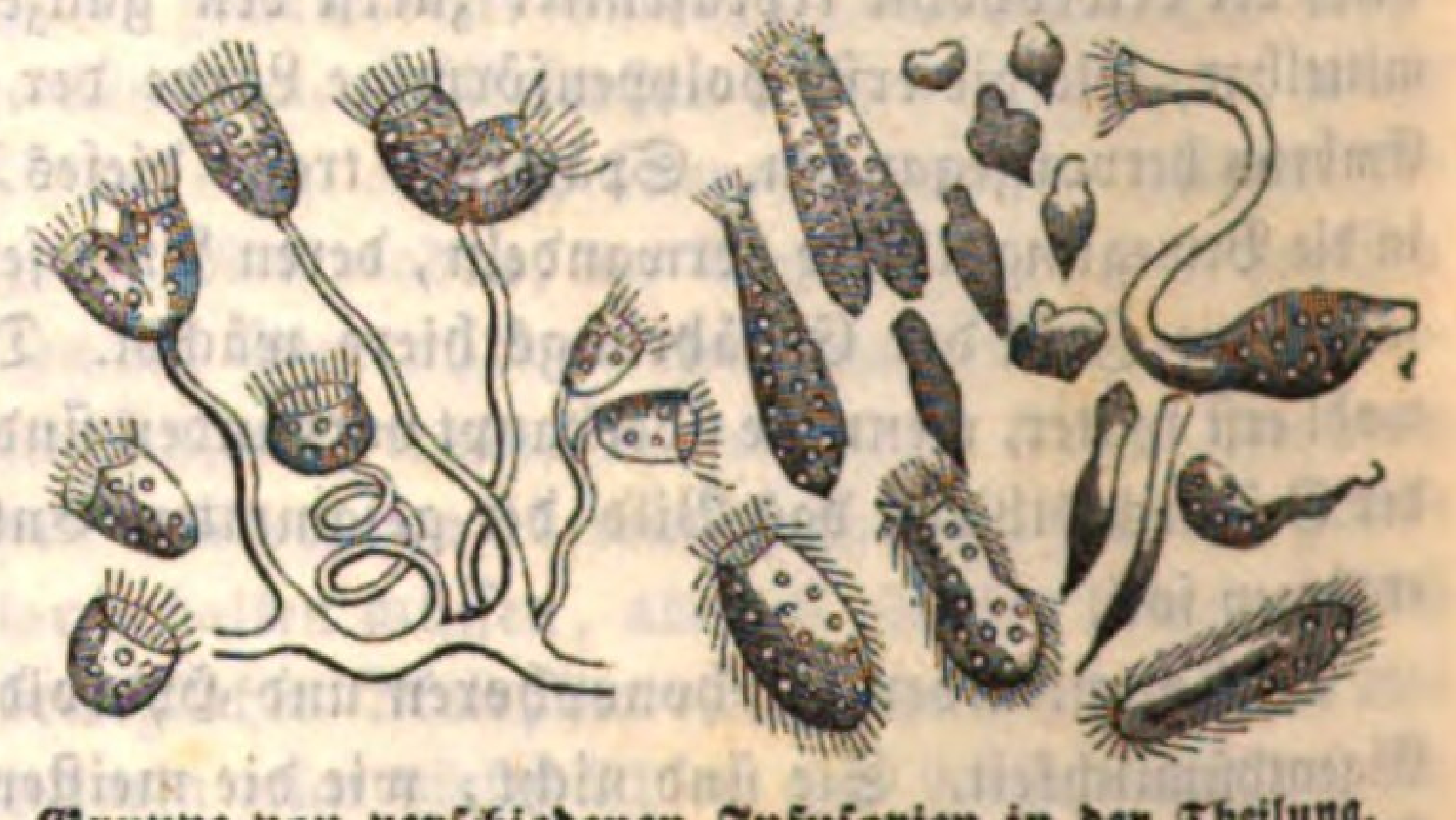
Die Colonien der Siphonophoren und Hydroiden erscheinen uns erst jetzt in ihrer vollen Eigenthümlichkeit. Sie sind nicht, wie die meisten übrigen Thierstöcke, aus einer einfachen Aggregation gleichartiger Individuen zusammengesetzt, an denen dieselben Erscheinungen in gleicher Weise ablaufen; sie stellen vielmehr einen gegliederten, wohlgeordneten Staat dar, dessen Individuen sich verschiedenartig in die einzelnen Aufgaben des Lebens getheilt haben, die sich wechselseitig unterstützen und den Bedürfnissen des gemeinsamen Vereines in passender Weise anpassen. Was sonst in einem einfachen Individuum sich vollendete, das zusammenhängende Getriebe des Lebens, ist hier einer ganzen zusammenhängenden Reihe von einzelnen Individuen übertragen.

In der Vereinigung solcher polymorpher Individuen zu einem gemeinsamen Stocke haben wir gewissermaßen das zoologische Bild eines socialistischen Staates, zu dessen Bestehen und Integrität ein jedes Glied in seiner Weise nach Kräften beiträgt. Es ist das

Princip der Arbeitstheilung, nach dem die einzelnen Individuen ausschließlich für bestimmte Leistungen sich zweckmäßig entwickelt haben. Daß dadurch ein Gewinn für das Ganze entsteht, daß Zeit und Kraft dadurch gespart wird, ist augenscheinlich. Aus diesem Grunde finden wir denn auch (vergl. S. 391) die Arbeitstheilung in den einzelnen Organen des thierischen Körpers noch consequenter und allgemeiner durchgeführt, als die Arbeitstheilung in den einzelnen Individuen einer Thierart, die in den meisten Fällen schon durch die Selbstständigkeit und Abgeschlossenheit ihres Körpers die Anwendung dieses Principes beträchtlich beschränken mußte. Uebrigens ist der Polymorphismus der Siphonophoren und Hydroiden keineswegs das einzige Beispiel dieser Arbeitstheilung: wir finden sie gleichfalls in dem staatlichen und gesellschaftlichen Zusammenleben vieler isolirt lebenden Thiere (man denke nur an die Bienen, Ameisen u. a.), wir finden sie auch in der Vertheilung der geschlechtlichen Aufgaben und Leistungen über zweierlei Individuen. Wir dürfen dreist behaupten, daß sich ohne geschlechtliche Arbeitstheilung das thierische Leben nicht allseitig hätte entfalten können, daß ohne sie jene Vollendung und Veredelung unmöglich gewesen wäre, zu der sich dasselbe im Leben des Menschen, mit seiner Geschichte und geistigen Bedeutung, erhoben hat. Auch die Erscheinungen des Generationswechsels dürfen wir wohl mit Recht als die Aeußerungen einer Arbeitstheilung (auf dem Gebiete des Entwicklungslebens) ansehen.

Die Entwicklungsgeschichte der Protozoen, zu der wir uns jetzt hinwenden, ist leider noch in ein großes Dunkel gehüllt. Wir kennen bei ihnen keine geschlechtliche Fortpflanzung. Zu einer früheren Zeit, in der man noch die Existenz von zahlreichen „geschlechtslosen Thierarten" annahm, mußte dieser Umstand allerdings ziemlich gleichgültig erscheinen, aber gegenwärtig, wo wir wissen, daß alle diese sogenannten Arten nicht selbstständige Thierformen repräsentiren, sondern bloße unausgebildete, verkümmerte oder für andere Zwecke verwandte Individuen verschiedener Arten mit geschlechtlicher Fortpflanzung, gegenwärtig muß uns dieser Umstand höchlichst auffallen. Man könnte nun allerdings hieraus vielleicht erschließen, daß die Thiere, die wir den Protozoen zurechnen, ebensowenig selbstständige Thierformen seyen, als jene übrigen „geschlechtslosen Arten", aber diese Behauptung wird so lang eine Hypothese bleiben, bis wir die genetischen Beziehungen derselben zu anderen Thieren erkannt haben.

Fig. 437.



Gruppe von verschiedenen Infusorien in der Theilung.

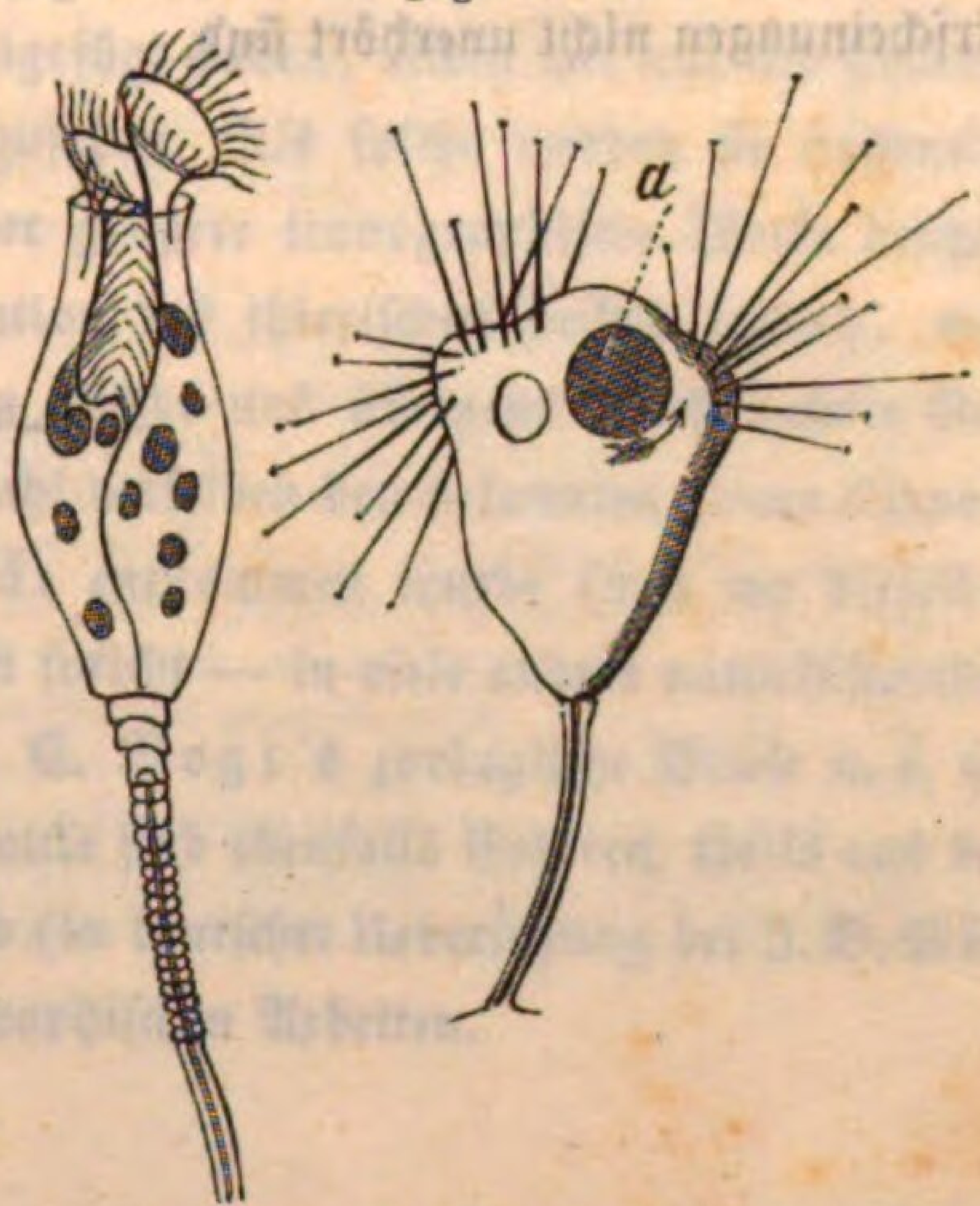
Die ungeschlechtliche Vermehrung der Protozoen manifestirt sich in der Regel als eine Theilung. Der Thierkörper zerfällt durch Einschnürung in eine rechte und linke, eine vordere und hintere Hälfte, nachdem sich schon vorher der Kern im Innern derselben in entsprechender Weise getheilt hat. Bei der Einfachheit und Homogeneität des Baues hat diese Fortpflanzung begreiflicher Weise keine Hindernisse. Außer der Theilbarkeit besitzen einige wenige Protozoen (die Vorticellinen) auch noch die Fähigkeit einer äußern Knospenbildung.

Die Produkte dieser ungeschlechtlichen Vermehrung bleiben in manchen Fällen mit ihren Mutterthieren in beständigem Zusammenhang. Es gibt Protozoen, die förmliche Colonieen bilden, gleich den Polypen u. a. (viele Vorticellinen und die meisten Rhizopoden). In der Mehrzahl der Fälle führt die ungeschlechtliche Vermehrung aber auch zur vollständigen Trennung der Individuen. In auffallender Weise erscheint diese Ablösung bei den Vorticellen, die bekanntlich am Hinterende ihres becherförmigen Körpers durch Hülfe eines langen Stieles festgeheftet sind. Die abgetrennten Individuen entbehren hier des Stieles, besitzen

aber dafür am hinteren Körperpole einen besonderen Wimperkranz, mit dessen Hülfe sie in großer Schnelligkeit umherschwärmen.

In der neuesten Zeit haben wir aber die Ueberzeugung gewonnen, daß diese Vermehrung der Protozoen nicht die einzige sey. Auch eine innere Keimbildung findet sich bei ihnen und zwar, wie es scheint, in sehr allgemeiner Verbreitung. In manchen Fällen stimmt das Produkt dieser Vermehrungsweise vollkommen mit dem Mutterthiere überein. *) So hat man es bei Stentor beobachtet, und ich kann diese Beobachtung vollkommen bestätigen. Im Innern des Körpers bilden sich kleine rundliche Haufen, die sich immer bestimmter umgrenzen und schließlich durch Ruptur de. äußeren Bedeckungen nach Außen hervortreten. Hinter dem ausgestoßenen Embryo schließen sich die Körperhüllen der Mutter, ohne daß eine Spur der Verletzung zurückbleibt. Der Embryo, der bereits den charakteristischen Wimperkranz der Stentoren zeigt (seine Form ist mehr gedrungen, kurz birnförmig), beginnt sogleich nach der Geburt ein eigenes Leben.

Fig. 438.



Epistylis nutans mit ihrer Acinetenform.
Bei *a* der drehende Embryo.

Noch häufiger scheint es zu seyn, daß diese inneren Keime der Infusorien den Mutterthieren unähnlich sind, kleine kuglige Körper mit gleichmäßigem Flimmerkleide darstellen. So fand man es bei Bursaria, Chilodon, Urostyla und bei den Vorticellinen. Bei den letzteren ist diese Vermehrungsweise am auffallendsten und mit einer sonderbaren Formveränderung des Mutterthieres verbunden. Dieses verwandelt sich nämlich vor der Keimbildung allmälig (und mitunter nach vorhergegangener Einkapselung) in einen ovalen oder birnförmigen Körper, der sich durch den Mangel der Mundöffnung und die Anwesenheit einiger langer fadenförmiger Ausstrahlungen, die an der Stelle des Flimmerkranzes hervorkommen, so auffallend auszeichnet, daß man denselben als eine eigene Art (Acineta) ansehen konnte. Im Innern dieses Körpers beginnt nun die Bildung des Embryo, **) den man schon vor seiner Geburt rotiren sieht. Die Bildung wiederholt sich hier so oft, bis der Körperinhalt der Acineta völlig aufgebraucht ist.

Die weitere Verfolgung dieser Fortpflanzung und Metamorphosen, die sich in ähnlicher Weise gewiß noch bei vielen anderen Infusorien wiederholen, wird über die problematische

*) Auch die Rhizopoden sollen lebendige Junge gebähren.

**) Bei diesen Acineten und ähnlichen Formen (Actinophrys) beobachtet man nicht selten eine Copulation und Verschmelzung von zwei — oder selbst drei, wie ich es bei Actinophrys Sol beobachtete — Individuen. Es ist übrigens gewiß noch sehr zweifelhaft, ob dieser Vorgang auf die spätere Keimbildung Bezug hat. Isolirte Acineten bilden wenigstens eben so gut ihre Embryonen, als verschmolzene Individuen. — Außer diesem finden sich übrigens auch noch andere Beispiele von Copulation unter den Thieren. So hat man sie z. B. auch bei den Gregarinen vor der Umwandlung in Navicellencysten gefunden. Aber auch hier scheint sie für die Bildung der Keimkörner nicht nothwendig. Selbst bei höher organisirten Thieren fehlt dieser Prozeß nicht vollkommen, wenn er auch vielleicht nicht mehr zu einer vollständigen Verschmelzung hinführt. Das merkwürdige Doppelthier (Diplozoon paradoxum), ein Saugwurm, welches man oftmals schon den bekannten Siamesischen Zwillingen u. a. als normales Beispiel zur Seite gestellt hat, bildet sich aus zweien, anfangs isolirten Thieren, die sich mit ihren Bauchsaugnäpfen auf einander legen und verwachsen.

Natur dieser Thiere wohl einst noch ein neues Licht verbreiten. Sie wird darüber entscheiden, ob wir die Infusorien für ausgebildete und selbstständige Thiere anzusehen haben oder nicht. Schon jetzt möchte uns das letztere Verhältniß als das wahrscheinlichere bedünken. — Wir brauchen uns nur die ersten embryonalen Formen der Würmer und anderer niederer Thiere zu vergegenwärtigen, um die Aehnlichkeit derselben mit manchen sogenannten Infusorien zu finden. In der That behaupten auch manche Naturforscher mit größter Bestimmtheit, daß sie beobachtet hätten, wie gewisse Infusorien (Bursaria, Paramaecium u. a.) aus den Eiern von Planarien oder Trematoden hervorgekommen seyen.

Andere Infusorien sind vielleicht spätere Larven- oder Ammenformen, oder auch gehemmte und verkümmerte Geschöpfe, die mit bestimmter Regelmäßigkeit sich wiederholen, wie die Blasenwurmformen oder Gregarinen. Es ist selbst an die Möglichkeit zu denken, daß unter den Protozoen gewisse unausgebildete Thierformen sich vorfänden, die vielleicht niemals zur vollständigen Entwicklung kommen und beständig in der Larvenform verharren. Was wir oben von unseren Süßwasserpolypen gesagt haben, mag uns ein Beispiel seyn, daß solche Erscheinungen nicht unerhört sind.

Schlußwort bezüglich der Illustrationen.

Die Holzschnitte, die wir unserm Werke beigefügt haben, bitten wir nur als Erläuterungen und Ergänzungen unserer Darstellung anzusehen. Als solche werden sie hoffentlich unseren Lesern, namentlich denjenigen, die weder größere iconographische Werke besitzen, noch auch aus eigner Anschauung die Organisation des thierischen Leibes kennen, nicht unerwünscht seyn. Die Auswahl der Abbildungen wurde uns übrigens durch äußere Verhältnisse geboten. So kam es, daß die größere Zahl derselben den bekannten Cours élémentaires d'histoire naturelle von Milne Edwards entnommen wurde (von wo dieselben auch — was gewiß nur für ihre Zweckmäßigkeit spricht — in viele andere naturhistorische Werke, wie Carpenter's Animal Physiology, C. Vogt's zoologische Briefe u. s. w., übergegangen sind). Die meisten übrigen Holzschnitte sind ebenfalls Copieen, theils aus den Principles of Zoology von Agassiz und Gould (in deutscher Uebersetzung bei J. B. Müller in Stuttgart), theils aus verschiedenen monographischen Arbeiten.

Berichtigungen.

Seite 42 Fig. 24 ist zu lesen: *d* die beiden zu einer gemeinsamen Masse verschmolzenen Fußhöcker; *c* oberer, *b* unterer Gliedfaden; *t* Kieme.
„ 43 Z. 15 v. u.: Man hat, statt: Man sieht.
„ 51 Z. 18 v. u.: Schwimmglocken statt Schwimmlogen.
„ 53 Fig. a: Gregarina sipunculi, statt: Gregarina.
„ 64 Z. 1 v. u: die weiblichen Brüste zu den männlichen, statt: die männlichen Brüste zu den weiblichen.
„ 94 Fig. 75: Mundtheile der Schabe, statt: Mundtheile eines Käfers.
„ 133 Fig. 117 ist die zweite Figur zu streichen.
„ 142 Z. 4 v. u.: histologischen Untersuchungen, statt: historischen Untersuchungen.
„ 170 Z. 17 v. u: die äußeren Bedeckungen, statt: die äußeren Bedingungen.
„ 173 Fig. 141: Kreislauf im Körper der Eintagsfliege, statt: Larve von Agrion.
„ 219 Z. 23 v. u.: IV. Die Athmung, statt: III. Die Athmung.
„ 260 Z. 7 v. u.: hier gleichfalls, statt: hier gleichsam.
„ 266 Z. 10 v. u.: V. Wärmebildung der Thiere, statt: IV. Wärmebildung der Thiere.
„ 393 Z. 6 v. o.: ein Zusammenfallen, statt: ein Zusammenhalten.
„ — Z. 21 v. u.: in der Körperachse, statt: in der Körpermasse.
„ 491 Z. 12 v. u.: an die Infertion, statt: an die Infection.
„ 495 Z. 11 v. o.: in anderen, statt: im andern.